

**Maße zur Erfassung von  
visueller Ablenkung  
bei verschieden komplexen  
Streckenabschnitten**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Philosophischen Fakultät II (Psychologie und Pädagogik)  
der Universität Regensburg  
vorgelegt von

**Dimitra Theofanou**

aus Heidenheim

2002

Erstgutachter: Prof. Dr. A. Zimmer

Zweitgutachter: Prof. Dr. K. W. Lange

Meinen Eltern



---

## **Vorwort**

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Ganz besonderen Dank gebührt Herrn Professor Dr. Alf Zimmer, ehemaliger Leiter des Lehrstuhls für Allgemeine und Angewandte Psychologie an der Universität Regensburg für die Betreuung dieser Arbeit und für die stets anregenden Diskussionen.

Für die Rahmenbedingungen, die diese Arbeit ermöglicht haben aber auch für das angenehme fachliche und persönliche Klima bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dr. Reichelt, Leiter der MMI-Abteilung der DaimlerChrysler-Forschung (RBP/BM, früher FT1/FM).

Ebenfalls sei meinem Kollegen Herrn Dipl. Psych. Friedemann Kuhn für die vielen wertvollen Diskussionen und Anregungen gedankt.

Mein herzliches Dankeschön gilt auch dem Fahrsimulator-Team, den Versuchsleitern und den zahlreichen Versuchspersonen.

Dank sei hier auch dem Diplomanden Patrick Kuhn und den zahlreichen Praktikanten und Praktikantinnen ausgesprochen für ihre Mitarbeit und ihr Engagement.

Mein tiefster Dank gilt meinen Eltern für ihre immerwährende Unterstützung jeglicher Art auf meinem langen Ausbildungsweg. Auch bei meinen Schwestern Julia und Wicky möchte ich mich auf diesem Wege bedanken. Meinem Freund Klaus-Peter möchte ich meinen herzlichen Dank dafür aussprechen, daß er mich in jeder Phase der Dissertation unterstützt hat. Danke für alles!

Meinen Freunden gilt der Dank für die aufmunternden Worte in „Trockenphasen“ und die Geduld in der langen Zeit.



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	4
1 Einführung und Zielsetzung .....	7
2 Theoretische Grundlagen und Begriffsdefinitionen .....	9
2.1 Aufmerksamkeit .....	9
2.2 Ablenkung .....	12
2.3 Beanspruchung - das Konzept .....	16
2.3.1 Maße der Beanspruchung .....	19
2.3.1.1 Subjektive Maße .....	19
2.3.1.2 Leistungsmaße .....	20
2.3.1.3 Physiologische Maße .....	21
2.4 Experimentelle Studien und Ergebnisse in der Literatur .....	23
2.4.1 Blickstudien .....	24
2.4.2 Weitere experimentelle Studien .....	29
2.4.3 Unfallstudien .....	40
2.4.3.1 Untersuchungen MMI-bedingter Unfälle .....	40
2.4.3.2 Untersuchungen von Wierwille et al. (1995, 1997) .....	41
2.4.3.3 Unfallstudien in Deutschland .....	43
2.5 Fahren als hierarchisches Modell .....	47
2.6 Streckengenerierung .....	51
2.6.1 Merkmale zur Auswahl ablenkungskritischer Situationen .....	52
2.6.2 Situationsgruppen .....	56
2.7 Ältere Verkehrsteilnehmer .....	58
2.8 Konstruktion einer Sekundäraufgabe .....	60
2.8.1 Anforderungen an die Sekundäraufgabe .....	60
2.8.2 Gestaltung der Sekundäraufgabe .....	61
2.9 Auswahl der Meßgrößen .....	62
2.9.1 Subjektive Maße .....	64
2.9.2 Leistungsmaße .....	65
2.9.2.1 Maße der Sekundäraufgabe .....	65
2.9.2.2 Verhaltensdaten .....	66
2.9.2.3 Fahrdynamische Maße .....	68
2.9.3 Physiologische Maße .....	71
2.9.3.1 Blickverhalten .....	71
2.9.3.2 Herzrate .....	71
3 Experimentelle Untersuchung .....	72
3.1 Fragestellung und Ziel der Untersuchung .....	72
3.2 Methode .....	72

3.2.1 Versuchsaufbau .....	72
3.2.2 Ablenkungskritische Versuchsstrecke .....	75
3.2.3 Sekundäraufgabe .....	80
3.2.4 Versuchspersonen .....	81
3.2.5 Unabhängige Variablen .....	82
3.2.6 Abhängige Variablen .....	82
3.3 Versuchsablauf .....	83
4 Ergebnisse und Diskussion .....	86
4.1 Subjektive Maße .....	86
4.1.1 Allgemeine Beschreibung der Population .....	86
4.1.2 Abschlußfragebogen .....	87
4.1.3 NASA-TLX .....	88
4.1.4 Group Embedded Figure Test (GEFT) .....	88
4.1.5 Erlebte Beanspruchung (Foto-Cueing) .....	89
4.1.6 Bearbeitung der Sekundäraufgabe unter normalen Umständen .....	91
4.1.7 Erlebte Beanspruchung und Bereitschaft zur Sekundäraufgabenbearbeitung .....	93
4.1.8 Diskussion subjektiver Maße .....	93
4.2 Leistungsmaße .....	95
4.2.1 Leistung in der Sekundäraufgabe .....	95
4.2.2 Zusammenhang zwischen Anzahl richtig gelöster Sekundäraufgaben und GEFT .....	98
4.2.3 Diskussion Sekundäraufgabe .....	99
4.2.4 Verhaltensdaten .....	100
4.2.4.1 Navigationsfehler .....	100
4.2.4.2 Sicherungsverhalten .....	101
4.2.4.3 Spurhaltung .....	103
4.2.4.4 Prioritäten innerhalb verschiedenen Phasen bei Überholvorgängen .....	108
4.2.4.5 Beinaheunfälle .....	109
4.2.4.6 Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug .....	111
4.2.5 Diskussion Verhaltensdaten .....	114
4.2.6 Fahrdynamische Größen .....	118
4.2.6.1 Durchschnittliche Geschwindigkeit .....	118
4.2.6.2 Standardabweichung der Geschwindigkeit .....	122
4.2.6.3 Standardabweichung der Gaspedalstellung .....	126
4.2.6.4 Time-To-Line-Crossing-Wert unter 10 sec .....	130
4.2.6.5 Dauer der Unterschreitung des Time-To-Line-Crossing-Wertes unter 1.5 sec .....	133



4.2.6.6	Unterschreitung des Time-To-Collision-Wertes unter 1.7 sec.....	136
4.2.7	Diskussion der fahrdynamischen Größen .....	139
4.3	Physiologische Maße .....	143
4.3.1	Herzrate.....	143
4.3.1.1	Durchschnittliche Herzrate .....	143
4.3.1.2	Relativierte durchschnittliche Herzrate .....	145
4.3.2	Diskussion Herzrate .....	150
4.3.3	Blickverhalten .....	151
4.3.3.1	Blickdauer.....	151
4.3.3.2	Blickhäufigkeit.....	156
4.3.3.3	Gesamtblickdauer.....	160
4.3.3.4	Anzahl der Blickdauern über 1.5 sec.....	163
4.3.4	Diskussion Blickverhalten.....	167
5	Gesamtdiskussion und Ausblick .....	173
6	Abkürzungen und mathematische Größen .....	198
7	Literatur .....	200
Anhang	.....	209
Anhang 1	Liste der Trials bei niedrig- und hoch-komplexer Sekundäraufgaben- bedingung.....	209
Anhang 2	Fahrerdemographische Merkmale .....	217
Anhang 3	Abschlußfragebogen .....	218
Anhang 4	NASA-TLX.....	219
Anhang 5	Fragebogen zum Foto-Cueing .....	221
Anhang 6	Bilder zum Foto-Cueing.....	222
Anhang 7	Verhaltensbeobachtungsbogen.....	226

## **Zusammenfassung**

Mit dem starken Anstieg neuartiger in das Fahrzeug integrierter Systeme, die den Fahrer zusätzlich mit Informationen versorgen, wächst die Notwendigkeit, das Phänomen der Ablenkung besser verstehen und beschreiben zu können. Ziel ist es dabei, diese Systeme bezüglich ihrer Ablenkungskritikalität und damit auch hinsichtlich ihrer Verkehrsgefährdung einer Bewertung zugänglich zu machen.

Basierend auf den Erkenntnissen aus Theorien und Modellen (z.B. hierarchisches Fahrermodell) einerseits und den Ergebnissen aus zahlreichen Studien andererseits werden Maße zur Erfassung der Ablenkung in verschiedenen Situationen festgelegt. Dabei werden auch Unfallanalysen berücksichtigt.

In einem Simulatorversuch werden visuelle Ablenkungen durch Sekundäraufgaben in zwei Schwierigkeitsstufen (niedrige und hohe Target-Distraktor-Diskriminabilität) induziert. Die Aufgabe für die Probanden besteht aus der Identifikation einer vorher festgelegten "Verbindung" innerhalb einer Reihe von Städtenamen und Uhrzeiten – ähnlich einem Zugfahrplan aufgebaut – und der anschließenden Nennung der entsprechenden Zeiten. Die Präsentation der Sekundäraufgabe erfolgt während die Probanden dabei Städte, sowie einfache bzw. komplexe Landstraßen- und Autobahn-Abschnitte durchfahren. Die verwendete Versuchsstrecke basiert bezüglich ihrer Ablenkungskritikalität auf den Kriterien von Gstalter und Fastenmeier (1998). Während des Versuchs wird eine Vielzahl von subjektiven, physiologischen und Leistungs-Maßen erhoben.

Die Analyse der vorliegenden Ergebnisse zeigt, daß die Ablenkungseffekte nur teilweise von der Sekundäraufgabenkomplexität beeinflusst werden. So ergibt sich beispielsweise bei der Analyse der Blickdauer, daß der Blick auf das Display sowohl bei einfachen Autobahn- als auch bei komplexen Landstraßen-Abschnitten mit zunehmender Sekundäraufgabenkomplexität zunimmt. Auch die Anzahl der Navigationsfehler verzehnfacht sich bei älteren Fahrern während der Bearbeitung von hoch-komplexen Sekundäraufgaben im Vergleich zu niedrig-komplexen. D.h. älteren Fahrer verfahren sich häufiger mit steigendem Schwierigkeitsgrad der Sekundäraufgabe. Insgesamt erweisen sich ältere Fahrer als ablenkungsgefährdeter als jüngere. Bei den komplexen Abschnitten von Landstraße und Autobahn kommt es zudem mit einer höheren Sekundäraufgabenkomplexität zu einer Verdreifachung der Anzahl der Beinaheunfälle. Daraus ergibt sich z.B. bei den komplexen Abschnitten eine Wahrscheinlichkeit von ca. 13 % während der Bearbeitung einer komplexen Sekundäraufgabe mit einem vorausfahrenden Fahrzeug oder einem Objekt auf der Straße zu kollidieren.

Bei allen anderen Maßen wirkt sich lediglich die Anwesenheit der Sekundäraufgabe an sich – unabhängig von ihrer Komplexität – auf die Ablenkung aus. Weiterhin werden die Maße stark durch die Streckenkomplexität geprägt.

Anhand der Ergebnisse der Fragebögen ist ersichtlich, daß sich die Fahrer ihrer Beanspruchung durch die Doppelaufgabensituation bewußt sind. Die Analysen des Foto-Cueing und

der durchschnittlichen Herzrate liefern vergleichbare Ergebnisse. Aufgrund der aufwendigen und für die Probanden oft als unangenehm empfundenen Prozedur zur Erfassung der Herzrate sollte aber statt dieser die Methode des Foto-Cueings bevorzugt werden. Basierend auf der durchschnittlichen Herzrate bzw. des Foto-Cueings kann den komplexen Autobahn- bzw. den komplexen Landstraßen-Abschnitten die höchste erlebte Beanspruchung zugeordnet werden. Die niedrigste Beanspruchung dagegen – nach der Baseline – bilden die einfachen Autobahn-Abschnitte.

Es treten in allen Abschnitten Blickdauern über 1.5 sec. auf das Display auf, woraus sich eine deutliche negative Beeinflussung verschiedener Leistungsmaße ergibt. Bei der komplexen Autobahn, wo mit durchschnittlich 1.8 Blicken die geringste Anzahl von Blickdauern oberhalb dieser kritischen Blickdauer auftritt, kommt es am häufigsten zu Beinaheunfällen (18 %). Zudem ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von 26 % Spurhaltefehler während der Bearbeitung einer Sekundäraufgabe zu verursachen.

Bei der komplexen Landstraße, die aufgrund der häufigsten Blicke (5.3) mit Dauern über 1.5 sec. als sehr kritisch angesehen werden muß, tritt mit 67 % die höchste Wahrscheinlichkeit auf Spurhaltefehler zu machen. Die Wahrscheinlichkeit Beinaheunfälle zu begehen liegt hierbei jedoch bei „lediglich“ 4 %.

Die Festlegung einer kritischen Anzahl von Blicken mit einer Blickdauer von über 1.5 sec. als einziges Maß zur Erfassung der Ablenkungskritikalität, wie es beispielsweise Zwahlen et al. (1988) oder Bruckmayr und Reker (1994) vorschlagen, ist demnach nicht ausreichend. Es ist vielmehr in Abhängigkeit von der jeweiligen Charakteristik der Situation eine Vielzahl von Maßen notwendig, um auftretende Ablenkung richtig einschätzen und bewerten zu können.

Bei der Analyse der Querregulierung mit Hilfe des kritischen Time-To-Line-Crossing (TLC)-Wertes weist die Baseline mit 15 sec. die längste Unterschreitung dieses Wertes auf. Ein Vergleich diesen Maßes mit und ohne Sekundäraufgabe ist demnach nicht aussagekräftig.

Nachfolgend sind Maße aufgeführt, die zur Erfassung von Ablenkung gut geeignet sind:

- Beanspruchung mittels Fotocueing
- Leistung in der Sekundäraufgabe,
- Durchschnittliche Geschwindigkeit,
- Standardabweichung Gaspedalstellung,
- Dauer kritischer Time-To-Line-Crossing-Wert (TLC, unter 1.5 sec.) bei Autobahn-Abschnitten; Spurhaltefehler (sinnvoll bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten),
- Anzahl Time-To-Collision-Wert (TTC) unter 1.7 sec. oder Anzahl der Beinaheunfälle,
- Durchschnittliche Anzahl und Blickdauer auf verschiedene Blickorte und
- Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. in den Innenraum (Sekundäraufgabendisplay).

Als weniger sinnvolle Maße zur Erfassung der Ablenkung sind anzusehen:

- Gesamtblickdauer,
- Standardabweichung der Geschwindigkeit,
- Herzrate,
- Durchschnittlicher TLC,
- Dauer Time-To-Collision-Wert (TTC) unter 1.7 sec. und
- Sicherungsverhalten.

Darüber hinaus sollte die Betrachtung verschiedener Überhol-Phasen erfolgen, um weiter differenzierende Ergebnisse über den Zeitpunkt des Auftretens von Spurhaltefehlern gewinnen zu können. Dabei ist es wichtig, auch die Prioritätenverteilung zwischen Fahraufgabe und Sekundäraufgabenbearbeitung zu berücksichtigen.

## 1 Einführung und Zielsetzung

Zunehmend halten neue Technologien und Systeme Einzug in den Fahrzeuginnenraum mit dem Ziel, den Fahrer mit Informationen zu versorgen. Sie sollen ihn dabei unterstützen, die Fahraufgabe sicher zu bewältigen, indem sie beispielsweise den Zustand des Fahrzeugs oder der Fahrbahnoberfläche mitteilen, aber auch gegebenenfalls warnen, wenn sich der Fahrer in gefährliche Situationen begibt. Dies tritt zum Beispiel auf, wenn der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu gering wird. Weiterhin soll durch die Präsentation zahlreicher Informationen ein ausreichender Komfort gewährleistet werden. Auch Telematik-Dienste und Internet-Funktionalitäten sind immer mehr in Fahrzeugen anzutreffen, so daß die Qualität und Quantität der Informationen stetig ansteigt. Während vor etwa acht Jahren bei einem gut ausgestatteten Fahrzeug noch bis zu 100 Informationen abrufbar waren, hat sich diese Zahl heute bereits vervielfacht.

Zusätzlich zu den genannten Veränderungen im Fahrzeuginnenraum kommt es durch den kontinuierlichen Anstieg der Verkehrsdichte zu einer gesteigerten Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern, wodurch die Komplexität der Verkehrsumwelt ansteigt.

Aufgrund dieser rasanten Entwicklungen warnen Kritiker vor einer Überforderung des visuellen und akustischen Kanals des Fahrers. Die Ablenkungen durch die neuen Systeme, so wird von ihnen argumentiert, führen zu kritischen Verkehrssituationen mit möglicherweise fatalen Ausgängen. Die Ursache liegt darin, daß jede dem Fahrer dargebotene Information erst wahrgenommen und bewertet werden muß, um anschließend zweckmäßig genutzt werden zu können. Dadurch konkurrieren die innerhalb des Fahrzeugs auftretenden Informationen mit denen außerhalb des Fahrzeugs.

Es existiert bereits eine Vielzahl von Veröffentlichungen, die den Zusammenhang zwischen verschiedenen Systemen, wie z.B. Navigationssystemen oder Handys, und der Ablenkungswirkung beschreiben. In der Regel werden die Fahrer in diesen Studien innerhalb einer Versuchsfahrt einem direkten Vergleich mit und ohne System unterzogen. Mit den daraus erhobenen Maßen werden die untersuchten Systeme evaluiert und Schlüsse über deren verkehrsgefährdendes Potential gezogen. Eine systematische Auswahl der Versuchsstrecke und der zu erhebenden Maße findet dabei kaum statt.

Bis heute sind sich viele Autoren, z.B. Tijerina (2000), nicht sicher, welche Maße sicherheitskritisch sind oder nicht. So sind viele Experten der Ansicht Spurüberschreitungen seien nicht kritisch, wenn keine anderen Verkehrsteilnehmer in der Nähe sind, bzw. sie sehr klein oder kurz sind. Weiterhin werden Spurüberschreitungen teilweise als nicht kritisch interpretiert, wenn sie die Strategie des Fahrers widerspiegeln, die Beanspruchung während der Bearbeitung einer Sekundäraufgabe zu reduzieren. Diese Argumentation unterstellt jedoch dem Fahrer die Fähigkeit, diesbezüglich gezielt richtige Entscheidungen treffen zu können. Auch wenn dies in Studien teilweise belegt werden kann, stehen demgegenüber Unfallzahlen die unschwer erkennen lassen, daß nicht immer die richtige Entscheidung getroffen worden ist. So

ist in Unfallstatistiken beispielsweise ein Auftreten zahlreicher Unfälle auf ungefährlich wirkenden Streckenabschnitten festzustellen, was offensichtlich auf Unterschätzungen der jeweiligen Situationen beruht. Da Unfalldaten allerdings probabilistisch betrachtet seltene Ereignisse darstellen, können sie oft nur ungenaue Hinweise über kritische Interaktionen geben.

Selbst wenn jede Ablenkung der Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe als potentiell sicherheitsgefährdend einzuschätzen ist, kommt es aber nicht bei jedem Blick ins Fahrzeuginnere zu einem Unfall. Es stellt sich daher die Frage, wann und unter welchen Umständen es zu einer Gefährdung durch Ablenkung kommt und wie diese beschrieben werden kann. Um das Phänomen der visuellen Ablenkung zu klären, bedarf es daher einer systematischen Betrachtung der einzelnen Komponenten des Mensch-Fahrzeug-Umwelt-Systems.

Diesem Anspruch stellt sich die vorliegende Arbeit. Dazu wird eine visuelle Sekundäraufgabe, auch Zusatzaufgabe genannt, mit zwei Schwierigkeitsstufen generiert. Die erhobenen Maße beruhen sowohl auf Erkenntnissen der mentalen Beanspruchung als auch auf dem Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung (u.a. Janssen, 1979, Johannsen, 1990, 1993) und basieren auch auf den Ergebnissen aus verschiedenen Studien. Der Umwelt-Komponente wird durch die Generierung einer ablenkungskritischen Versuchsstrecke Rechnung getragen. Innerhalb der vorliegenden Untersuchung soll die Ablenkung bottom-up, d.h. durch das System ausgelöst werden. Dabei wird die Taktung der Sekundäraufgabe durch die Fahrer selbst bestimmt.

Das Ziel der Dissertation ist nicht ein theoretisches Erklärungsmodell aufzubauen oder die bestehenden Aufmerksamkeitsmodelle zu überprüfen, sondern die umfangreiche Ermittlung von Maßen zur exakten Beschreibung der Ablenkung des Doppelaufgaben-Paradigmas beim Autofahren. Die Basis für die Beschreibung der Ablenkungsprozesse beim Fahren in unterschiedlichen Verkehrssituationen, stellt einerseits die umfangreiche Untersuchung aller relevanter Einflußfaktoren und andererseits die systematische Erhebung und Analyse zahlreicher Ablenkungsmaße dar. Der Aufbau der Arbeit ist, entsprechend Abbildung 1, wie folgt gestaltet:

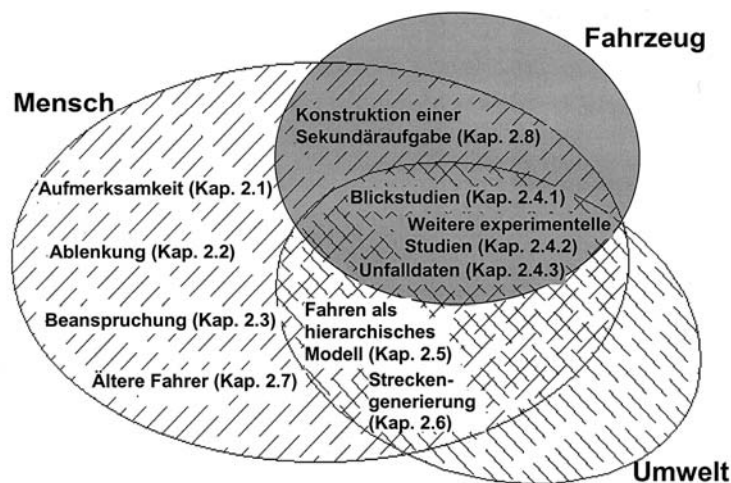


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

## 2 Theoretische Grundlagen und Begriffsdefinitionen

### 2.1 Aufmerksamkeit

In diesem Abschnitt sollen verschiedene Theorien der Aufmerksamkeit im Hinblick auf ihre Relevanz und ihren Erklärungsgehalt für die vorliegenden Arbeit diskutiert werden.

Betrachtet man die umfangreiche Literatur, die in diesem Jahrhundert zum Thema Aufmerksamkeit veröffentlicht wurde, so findet man eine große Bandbreite von verschiedenen Modellen vor, die unterschiedliche Aspekte in den Vordergrund stellen (für eine detaillierte Diskussion siehe beispielsweise Färber, 1987).

So wurde durch Broadbent (1958) die Diskussion über den Engpaß (Bottleneck) der Aufmerksamkeit begonnen. Er sieht dabei innerhalb seines Filtermodells, bei dem der Mensch als Einkanalprozessor mit beschränkter Kapazität angesehen wird, den Engpaß in der frühen Phase der Informationsverarbeitung, d.h. bei der Informationsselektion. Nur Informationen die selektiert werden gelangen zu höheren Informationsverarbeitungsstufen und werden weiterverarbeitet. Im Gegensatz dazu beschreibt das Modell von Deutsch und Deutsch (1963) eine späte Selektion, bei der alle Informationen – unabhängig davon ob sie weiter verarbeitet werden oder nicht – semantisch betrachtet werden. Die Einschränkung liegt bei diesem Modell in der beschränkten Reaktionskapazität des Menschen, d.h. der Unfähigkeit auf alle Reize gleichzeitig reagieren zu können.

Die Bottleneck-Theorien wurden durch zahlreichen Versuche in Frage gestellt und schließlich in den 60er und 70er Jahren durch Struktur- und Kapazitätsmodelle (auch bekannt als Ressourcenmodelle) abgelöst. Nach Färber (1987) gehen Kapazitätsmodelle "von einer globalen und begrenzten Verarbeitungskapazität des Menschen aus, die auf die verschiedenen Anforderungen der Reizaufnahme, Reizverarbeitung und Handlung aufgeteilt werden muß". Somit stellt sich hier nicht die Frage nach dem Engpaß der Aufmerksamkeit sondern es steht primär die Art der Verteilung der Verarbeitungskapazität im Vordergrund. Im Gegensatz dazu geht das Strukturmodell davon aus, daß mehrere voneinander unabhängige Verarbeitungsmechanismen vorhanden sind.

Die Vorstellung beider Modelle, d.h. der Struktur- und Kapazitätsmodelle, wurden schließlich im Jahre 1984 von Wickens in dem sogenannten Multiple-Resource-Model (MRM) vereint. In diesem Hybridmodell geht Wickens davon aus, daß es verschiedene Ressourcen gibt. Diese besitzen jedoch eine beschränkte, relativ unabhängige Kapazität.

Die Ressourcen können nach seiner Ansicht als dreidimensionale Metrik gesehen werden, bestehend aus den dichotomen Dimensionen (siehe Abbildung 2):

- (1) die Verarbeitungsstufen (Stages) die eingeteilt werden in perzeptiv-kognitive (Encoding / Central Processing) Aktivität vs. Selektion und Ausführen einer Reaktion (Responding),
- (2) die Wahrnehmungsmodalitäten (Modalities), die unterteilt sind in visuelle (Visual) vs. auditive (Auditory) Modalitäten und
- (3) Verarbeitungstypen (Codes), die entweder analog-räumlich (Spatial) oder verbal-sprachlich (Verbal) sind.

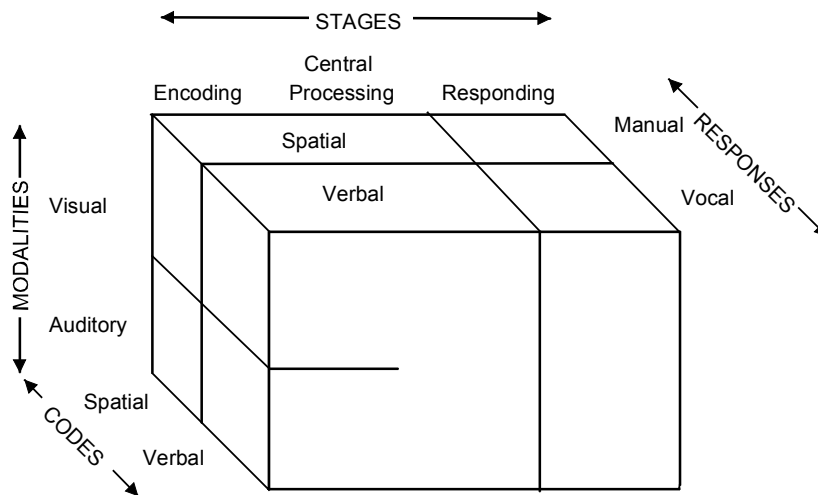


Abbildung 2: Struktur der menschlichen Informationsverarbeitung nach Wickens (Multiple-Resource Model, 1984)

Nach dem MRM gilt die Annahme, daß der Grad der Interferenz und damit der Leistungseinbuße bei einer Doppelaufgabe im Vergleich zu den jeweiligen Einzelaufgabenleistungen zunimmt je mehr gemeinsame Ressourcen verwendet werden. Somit ist die Interferenz innerhalb der Struktur ausschlaggebend für eine Verschlechterung der Leistung in der Dual-Task Bedingung.

Da man davon ausgeht, daß beim Fahren viele Informationen – manche Autoren sprechen sogar von 90 % der Informationen (z.B. Hella, 1987; Fairclough & Maternagan, 1993; Noy, 1996; Fastenmeier, 1995) – über den visuellen Kanal aufgenommen werden, sollen nun die aus dem Modell resultierenden Interferenzen bei einer visuellen Zusatzaufgaben (Identifikationsaufgabe) betrachtet werden.

Welcher negative Einfluß auf die Fahraufgabe kann, basierend auf den Annahmen des MRM während der Bearbeitung einer visuellen Sekundäraufgabe, erwartet werden?

Überträgt man die Fahraufgabe auf die MRM, so bedeutet dies für die Verarbeitungsstufe, daß die perzeptiv-kognitiven Anforderungen aus dem Wahrnehmen der Straße (incl. Straßentyp, Straßenverlauf etc.) und der Verkehrsteilnehmer einerseits und der daraus resultierenden Verarbeitung der Konsequenz des bestehenden Zustandes (z.B. führt die Position auf der Straße zur Festlegung einer notwendigen Positionsänderung) besteht.



Die Anforderungen auf dieser Stufe können jedoch sehr stark variieren. So werden bei einer geraden Landstraße mit guten Sichtbedingungen und geringem Verkehrsaufkommen nur wenig visuelle Informationen dargeboten. Als "Reaktion" ist lediglich die Spurführung, die nach Renner (1995) eine geringe Anforderungen stellt und Geschwindigkeitsregulierung erforderlich. Bei einer innerstädtischen Fahrt verändert sich jedoch das Niveau der Anforderungen. Neben zahlreichen Informationen die den Verkehr regeln (Ampeln, Schilder) werden auch auf der Reaktionsseite dem Fahrer unterschiedliche Fahrmanöver abgefordert (u.a. Bartmann, 1995).

Betrachtet man die visuelle Zweitaufgabe (Identifikationsaufgabe), bei dem auf einem Display eine bestimmte Wortkombination gesucht und artikuliert werden muß, so ergibt sich einerseits eine Beanspruchung der perzeptiv/kognitiven Modalität durch das Ablesen und Absuchen des Bildschirminhaltes und andererseits auf der Reaktionsseite, eine sprach-motorische Anforderung durch das Aussprechen des Ergebnisses der Suche.

Auch wenn hier von übereinstimmend benötigten Ressourcen auszugehen ist, kann aus dem vorher gesagten keine klare Vorhersage über den Einfluß der Sekundäraufgabe auf das Fahren gemacht werden, da das Umfeld sich während einer Fahrt zu sehr ändert. Es bleibt vielmehr festzuhalten, daß man mit Interferenzen zu rechnen hat.

Bei der Wahrnehmungsmodalität kann, der Argumentation folgend sowohl bei der Fahraufgabe als auch bei der Zusatzaufgabe davon ausgegangen werden, daß primär die visuelle Ressourcen angesprochen werden.

Für den Verarbeitungscode, der nach Wickens (1984) als größter Faktor für die Interferenz zweier Aufgaben gilt, ist eher eine keine Nutzung gemeinsamer Ressourcen bei einer optischen Zusatzaufgaben zu erwarten. Beim Fahren werden nämlich Anforderungen an den räumlichen und bei der Zusatzaufgabe an den verbalen Verarbeitungstyp gestellt.

Somit wäre bei einer einfachen visuellen Zusatzaufgabe nach der Vorstellung dieses Modells eine Verschlechterung des Fahrverhaltens zu erwarten, bedingt durch die reduzierte visuelle Informationsaufnahme der Verkehrssituation.

Welche Art der Beeinflussung kann nun erwartet werden? In welchem Maße werden diese vermutet? Auf Basis des MRM sind diese Fragen nicht zu beantworten. Ein Grund dafür wurde bereits im Zusammenhang mit den Anforderungen der Verarbeitungsstufe angesprochen. Es ist demnach davon auszugehen, daß beim Autofahren in verschiedenen Situationen die Dimensionen unterschiedlich stark gefordert werden und daher unterschiedliche Interferenzen hervorgerufen werden können.

Weiterhin haben verschiedene Studien gezeigt, daß die Einteilung einer Aufgabe beispielsweise in verbal oder räumlichen Verarbeitungscode nicht immer zutreffend ist, d.h. nicht vorher bestimmt werden kann. Schließlich kann das MRM lediglich Aussagen erlauben im Zusammenhang mit einer erwarteten Interferenz bei einem Vergleich zu einer anderen Aufgabe. So zeigt sich in der Studie von Renner (1995) eine signifikant stärkere Verschlechterung der

Spurhalteleistung auf Landstraßen bei räumlichen Zusatzaufgabe. Die verbale Sekundäraufgabe beeinflusst die Spurhalteleistung dagegen geringer.

Einige Ergebnisse deuten zudem darauf hin, daß nicht alle Phänomen mit dem MRM erklärt werden können. Als Konsequenz könnte eine Erweiterung dieses Modells durch die Annahme eines semantischen Flaschenhalses sinnvoll sein, wie sie Dahmen-Zimmer et al. (1998) fordert.

Es stellt sich daher die Frage nach dem Beitrag den die Aufmerksamkeitstheorien für die vorliegende Fragestellung liefern. Bereits die Anzahl der gefundenen widersprüchlichen Ergebnisse (Umfangreiche Erläuterung, siehe Färber, 1987) läßt schon darauf schließen, daß eher geringe Erklärungswerte für die visuelle Ablenkungsstudie im Mensch-Fahrzeug-Umwelt Kontext zu finden sind.

Eine klare Meinung dazu vertritt Gstalter und Fastenmeier (1998) „die gesamte Aufmerksamkeitsforschung [liefert] für die konkrete Fragestellung [innerhalb des Teilprojektes der Ablenkungswirkung von MMI<sup>1</sup>-Lösungen] recht wenig Nutzen“ (S. 8). Als Begründung wird u.a. angegeben, daß die Erkenntnisse in diesem Bereich auf Laborexperimenten basieren und daher nicht auf komplexe Situationen wie das Autofahren übertragbar sind. Des weiteren sind wir nach Ansicht der Autoren „heute weiter als je zuvor von einer geschlossenen Vorstellung von „Aufmerksamkeit“ entfernt ..., ja [wird] der Sinn eines so umfassenden Konzeptes überhaupt bezweifelt (S. 8)“. Vielmehr sehen die Autoren, in der „mentale Beanspruchung des Fahrers [für] einen wesentlichen Parameter zur Erklärung von Ablenkungswirkungen“ (S. 119).

Es bleibt festzuhalten, daß – unabhängig davon ob man von einem Single-Resource Modell ausgeht wie z.B. bei Kahneman (1973) oder von einem MRM von Wickens (1984) – die Beschränkung der Kapazität und die Mobilisierung von Ressourcen zur mentaler Belastung und damit zu Leistungseinbußen führen können.

Nach der näheren Betrachtung des Begriffs der Ablenkung soll nachfolgend auf die Methoden zur Beanspruchungsmessung eingegangen werden.

## 2.2 Ablenkung

Ähnlich wie es sich mit dem Begriff der Aufmerksamkeit verhält, von dem James (1890) behauptet „Everybody knows what attention is“, scheint es sich nun mit dem Begriff der Ablenkung zu verhalten.

Der inflationäre Gebrauch des Begriffs Ablenkung täuscht die Existenz einer tatsächlichen, wissenschaftlich fundierten Kenntnis über die Zusammenhänge der Faktoren von Mensch, Bedien- und Anzeigesysteme und Verkehrsumwelt vor.

---

<sup>1</sup> Mensch Maschine Interaktion

So wird er zum Teil gleichgesetzt mit dem Begriff der Abwendung, dem Vorhandensein einer Zweitaufgabe, dem Problem der „geteilten Aufmerksamkeit“ (Gstalter & Fastenmeier, 1995) oder gar gleichgestellt mit der Aufmerksamkeitsallokation an sich.

So sprechen beispielsweise Bruckmayr et al. (1994) von visueller Ablenkung wenn der Blick ins Wageninnere fällt und demzufolge „für eine Zeitdauer ... dann die Beobachtung des Verkehrsgeschehens nicht verfügbar ist“ (S. 13). Der Argumentation folgend, ist dann dies als sicherheitskritisch zu sehen, weil keine Informationen von der Umwelt aufgenommen werden können. Im Gegensatz dazu werden, im Widerspruch zum MRM (Wickens, 1984), „die kognitiven Komponenten in der Regel als unkritisch“ (S. 13) angesehen. Was die Modalitäten betrifft wird die akustische Darbietung von Informationen als sinnvoller eingeschätzt. Eine Reihe von Studien zeigen jedoch, daß dies nicht der Fall ist (z.B. Schweigert, 1998). Auch bei Verwendung des akustischen Kanals zur Informationsübermittlung kann es zu Ablenkungseffekten kommen. Diese zeigen sich u.a. in einer Verschlechterung des Fahrverhaltens und einer Veränderung des Blickverhaltens. Basis für die falsche Annahme, daß nur die optische Darstellung sicherheitskritisch ist, ist oft das Gleichsetzen von „nach Außen schauen“ und „etwas Draußen sehen“. Auch wenn der Blick nach Außen die Voraussetzung dafür darstellt um etwas sehen zu können (wenn man das periphere Sehen vernachlässigt), kann dieser Schluß nicht immer zwingend gezogen werden. Nicht alles was auf die Netzhaut trifft wird weiterverarbeitet.

Nach Dorsch, psychologisches Wörterbuch (1987), wird Ablenkung objektseitig beschrieben [eng. distraction], d.h. als ein äußerer Reiz der die Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Martens und van Winsum (2000) sehen hingegen die Ablenkung als eine Problem der geteilten Aufmerksamkeit an. Sie definieren sie als „inability to pay sufficient attention to all present tasks, or one task requires attention to a degree that other things are missed“ (S. 1).

Eine differenziertere Beschreibung liefert Zimmer (1998, zitiert nach Gstalter et. al, 1998). „Während Ablenkung eine Störung des Fahrens, auf die er [der Fahrer] automatisch reagiert (z.B. unerwartete laute Meldung des Systems) darstellt, wird von Abwendung gesprochen, wenn der Fahrer sich bewußt einer Informationsquelle (z.B. Display) zuwendet“. Eine Ablenkung ist somit ein Bottom-Up Phänomen bedingt durch die Natur des (Stör-) Reizes. Das können beispielsweise laute, eindringliche akustische Signale sein, Signalwörter wie „Stopp“, bestimmte Hinweistöne oder bewegte Display-Inhalte die in der Peripherie die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Somit sind das Features die Pop-Up Phänomene bedingen (für eine ausführliche Diskussion siehe z.B., Treisman & Gelade, 1980; Wolfe, 1994). Abwendung hingegen wird durch Top-Down Phänomene bedingt, d.h. willentliche Aufmerksamkeitslenkungen infolge eines Informationsbedarfs. Die Unterscheidung zwischen Top-Down und Bottom-Up kann – wenn überhaupt – nur in der anfänglichen Phase des Informationsaufnahme Prozesses getroffen werden. So kann aus der ursprünglichen motivationellen Aufmerksamkeitslenkung eine Aufmerksamkeitsbindung durch den Display-Inhalt werden und somit aus dem Top-Down ein

Bottom-Up werden. Da die verschiedenen initiierten Prozesse einen unterschiedlichen Einfluß auf das Fahrverhalten haben können, zeigt sich in einer Studie von Dahmen-Zimmer et al. (1998). Unter welchen motivationsbedingten, situationsspezifischen etc. Bedingungen die Fahrer eine Abwendung oder Ablenkung zulassen soll hier jedoch nicht weiter diskutiert werden.

Im Zusammenhang mit Unfallforschungen zeigt sich, daß der Begriff der Ablenkung mit Unfällen in Verbindung gebracht wird. Somit wird der Begriff durch die negative Konsequenz geprägt. Wie noch in Kapitel 2.4.3 zu sehen ist, können jedoch Unfälle lediglich beschränkte Hinweise über Unfallkonstellationen (Ort und Tätigkeit) zu dem Phänomen Ablenkung liefern. Durch die Art des Unfalles kann allenfalls auf die finalen Unfallursachen geschlossen werden. Beispielsweise kann man aus dem Abkommen von der Straße bei gleichzeitigem Lesen einer Information im Fahrzeug auf eine fehlende Querregelung schließen. Der Unfall kann jedoch auch aufgrund eines ausweichenden Verhaltens bei zu spätem Entdecken eines Hindernisses hervorgerufen werden. Für die genaue Unfallursache sind Nachstellungen der Unfallsituationen erforderlich und die unverfälschten Aussagen der Unfallbeteiligten. Welche Ereignisse während oder gar vor dem Unfall stattfinden und welche kritischen Situationen diesem vorausgehen sind jedoch nicht ersichtlich.

Eine weitere Differenzierung des Begriffs Ablenkung liefern Ranney et al. (2000). Ihnen zufolge kann die Ablenkung – auch wenn dahinter verschiedene Ursachen stehen können – in vier Kategorien eingeteilt werden. Diese sind visuelle Ablenkung (z.B. Wegschauen vom Verkehrsgeschehen), auditorische Ablenkung (z.B. Radiosendung hören), biomechanische Ablenkung (z.B. Lautstärkeregelung am Radio) und kognitive Ablenkung (z.B. in Gedanken versunken sein). Somit entsprechen die vier Quellen der Ablenkung den im MRM (Wickens, 1984) dargestellten Verarbeitungsstufen. Da die verschiedenen Quellen einen unterschiedlichen Effekt auf die Verkehrssicherheit haben, ist beispielsweise in der Studie des National Highway Safety Administration (2000) zu erkennen. Im Zusammenhang mit der Handy Benutzung kann festgestellt werden, daß die meisten Unfälle nicht während der visuellen oder motorischen (Wahlvorgang) Ablenkung, sondern während der kognitiven Beanspruchung, d.h. dem Gespräch auftreten. Die Rolle der Dauer der jeweiligen Tätigkeit, d.h. des Wahl- bzw. Sprechvorgangs muß jedoch dabei beachtet werden.

Wie stark man abgelenkt wird, hängt nach Ansicht von Ranney et al. (2000) davon ab welche Beanspruchung die Aufgabe mit sich bringt und der Bereitschaft des Fahrers die Aufgabe zu bearbeiten ("willingness to engage"). Dieser motivationale Aspekt hängt wiederum von vier verschiedenen Faktoren ab. Zum einen von der Person bzw. den Personenvariablen, die von der Fahrerfahrung bis hin zu den Fahrertzuständen reichen können. Des weiteren spielt das Fahrzeug bzw. die Fahrzeuginnenraumgestaltung eine wichtige Rolle (Display-Gestaltung). Weiterhin fließen auch Umweltbedingungen wie Wetter und Situationsparameter (z.B. Eile) in

die Bereitschaft sich ablenken zu lassen ein. Schließlich ist noch die Aufgabencharakteristik zu nennen, die durch die Einfachheit bei der Bearbeitung gekennzeichnet wird.

Aufgrund der erläuterten Zusammenhänge zeigt sich, daß der Begriff der Ablenkung stark von den einzelnen Untersuchungsgegenständen beeinflusst wird. Es fehlen jedoch systematische Arbeiten unter Berücksichtigung der einzelnen Faktoren, wie der Mensch, Anzeige- und Bedienkonzepte, die Umwelt sowie deren Interaktion untereinander.

Innerhalb dieser Arbeit sollen daher die Umstände einer Doppelaufgabe betrachtet werden unter systematischer Variation des Faktors Mensch (jüngere vs. ältere Fahrer), der Anzeige- und Bedienkonzepte (niedrige vs. hohe Komplexität der Display-Inhalte) und der Umwelt (verschieden komplexe Verkehrssituationen).

In Tabelle 1 sind mögliche Einflußgrößen bei den Faktoren Mensch, Bedien- und Anzeigekonzepte und Umwelt auf die Ablenkung dargestellt.

Tabelle 1: Beispiele für mögliche Ursachen des Ablenkungseffektes bedingt durch die Faktoren Mensch, Anzeige- und Bedienkonzepte und Umwelt

Mensch	Anzeige- und Bedienkonzept	Umwelt
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterschätzung der Umwelt bedingt durch strassenbauliche (z.B. lange gerade Strecke) oder konditionelle (z.B. Müdigkeit) Gegebenheiten</li> <li>- Überschätzung der eigenen Fähigkeiten bezüglich Fahren und gleichzeitigem Bedienen von Systemen</li> <li>- Erlebter u./o. Tatsächlicher Informationsbedarf</li> <li>- Unterforderung (Langeweile)</li> <li>- Überforderung</li> <li>- Alter</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zu leicht "erscheinende" Bedien- und Anzeigekonzepte</li> <li>- Schlechte ergonomische Gestaltung von Anzeige- und Bedienkonzepten (fehlende Unterbrechbarkeit von Dialogen, ungeeignete Schriftgröße, Zeitpunkt der Informationspräsentation etc.)</li> <li>- Informationsmenge</li> <li>- Modalität der Präsentation</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Einfacher" Streckenabschnitt</li> <li>- Streckenabschnitt bei dem Informationen benötigt werden (z.B. bei Streckenführung durch Navigationsgerät)</li> <li>- ...</li> </ul>

Auf Seiten des Faktors Mensch ergeben sich dabei Randfaktoren die mit dem Konzept der Beanspruchung zusammenhängen. Dies soll in dem folgenden Kapitel betrachtet werden. Die Interaktion des Faktors Mensch und Umwelt wird im Kapitel 2.5 (Fahren als hierarchische Modell) behandelt werden. Bei dem Faktor Bedien- und Anzeigekonzepte soll auf die Gestaltung von Display-Inhalten mit zwei Schwierigkeitsstufen hingewiesen werden. Schließlich wird auf den Faktor Umwelt innerhalb des Kapitels der Generierung einer geeigneten Versuchsstrecke zur Untersuchung von Ablenkungseffekten eingegangen (Kapitel 2.6). Die Interaktion der drei Komponenten wird im Kapitel Experimentelle Untersuchungen und im Kapitel Unfalldaten betrachtet.

Wie bisher gezeigt worden ist, ist eine strenge Trennung zwischen Ablenkung und Abwendung nicht immer klar durchführbar und auch im Kontext dieser Arbeit nicht von Bedeutung. Im weiteren Verlauf wird daher nur noch von Ablenkung gesprochen, da dies der geläufigere Begriff ist.

### 2.3 Beanspruchung - das Konzept

“Beanspruchung als Ungleichgewicht zwischen Belastung und Ressourcen” (Gstalter & Fastenmeier, 1997, S. 4) ist eine der zahlreichen Definitionen die in der Literatur zum Begriff “Beanspruchung” (auch bezeichnet als Mental Workload) zu finden sind. Eine umfangreiche Sammlung läßt sich beispielsweise bei Bartmann (1995) oder De Waard (1996) finden.

Während Gstalter et al. (1997) die Diskrepanz in den Vordergrund stellen, beschreibt De Waard (1996) in einer simplen und generalistischen Definition Workload als „a demand placed upon humans”. Weiterhin sieht er die Beanspruchung als “the specification of the amount of information processing capacity that is used for task performance” (S. 15). Demnach beeinflussen sowohl Aufgabencharakteristik (z.B. Komplexität) als auch Personeneigenschaften (z.B.: Altersgruppe, Uhrzeit) die Beanspruchung. Nach Ansicht von De Waard (ebd.) sind im Konzept von Workload weitere Begriffe wie Demand, Complexity and Difficulty zu beachten. Die Anforderung (Demand) definiert er dabei als “the goal that has to be attained by means of task performance, and is, once a goal has been set, external and independent of the individual”. Darüber hinaus spielt noch die Komplexität eine wichtige Rolle. Diese steigt mit der Anzahl der Verarbeitungsstufen die benötigt werden, um eine Aufgabe zu bearbeiten. Die Schwierigkeit (Difficulty) der Aufgabe bezieht sich auf die „processing effort (amount of resources) that is required by the individual for task performance”. Somit ist die Schwierigkeit abhängig von Kontext, Zustand, Kapazität oder Verteilungsregeln der Ressource. Weitere Faktoren die Workload (positiv oder negativ) beeinflussen können, bilden sowohl der Zustand des Menschen (z.B. Monotonie, Erschöpfung, Alkohol), dessen Eigenschaften (z.B. Alter, Erfahrung) und in Umweltfaktoren (z.B. Straßenbedingungen, Fahrzeugergonomie, Straßenanforderungen; De Waard, 1996).

Welcher Zusammenhang wird nun zwischen Workload und Aufgabenerfüllung gesehen?

Nach Gstalter et al. (1997) gibt es unterschiedliche Prinzipien die im Kontext der Fahrzeugführung zum Tragen kommen. Zusammenfassend kann gesagt werden: bei einer optimalen Beanspruchung zeigt sich auch ein optimales Fahrverhalten. Sofern eine Zusatzbelastung entsteht z.B. durch ein MMI, bestehen mehrere Möglichkeiten der Änderung dieses Zustandes. So kann durch Einleiten von Kompensationshandlungen (z.B. Reduktion der Geschwindigkeit, Wahl einer wenig befahrenen Spur oder Strecke) wieder das gewünschte Beanspruchungsniveau erreicht werden. Dies setzt jedoch voraus, daß die jeweilige Situation Möglichkeiten für solche Reaktionen bietet und daß der Fahrer über die Fähigkeiten verfügt diese anzuwenden.

Gelingt dies, so kommt es nach Ansicht der Autoren zu keiner Beeinträchtigung der Fahrleistung. Wenn die erhöhte Beanspruchung dagegen vom Fahrer akzeptiert wird oder keine kompensatorischen Handlungen möglich sind, kann das Freisetzen von zusätzlichen Ressourcen, sofern davon genügend vorhanden sind, das Fahrverhalten stabilisieren. Von einer Verschlechterung des Fahrverhaltens ist allerdings auszugehen, wenn es zu keiner Beanspruchungshomöostase kommt und/oder nicht genügend Ressourcen vorhanden sind. Weiterhin kann es zu einer Verschlechterung des Fahrverhaltens kommen wenn die Beanspruchung zu lange andauert. Fahrfehler treten nach Ansicht der Autoren bei Verschlechterung des Fahrverhaltens erst auf der Navigations- dann auf der Bahnführungs- und schließlich auf der Stabilisierungsebene auf.

Ähnliche Zusammenhänge werden von De Waard (1996) postuliert. Workload und Leistung werden dabei in sechs Regionen eingeteilt (siehe Abbildung 3). Die geringste Anforderung (Demand) ist in der Region D vorhanden, bei der die Aufgabenleistung gering ist und die erlebte Workload hoch. Diese Konstellation ist beispielsweise bei einfachen und monotonen Aufgaben zu finden. Wird die Anforderung erhöht ("trying harder"), nimmt die Workload ab und die Leistung steigt. Dies zeigt sich in Region A1. Im mittleren Bereich (A2) hat die Person ein angepaßtes Verhalten an die Anforderung, die durch die Aufgabe gestellt werden. Hier kann der selbe Leistungs-Level, trotz eines ansteigenden Demands gehalten werden. Die Beanspruchung bleibt dabei auf einem niedrigen Niveau. In der dritten Region (A3) nimmt die Workload wieder zu, ohne daß es zu Leistungseinbußen kommt. Dies wird durch Mobilisierung von Effort ermöglicht, der jedoch nur für einige Zeit bei gleichbleibender Performanz aufrecht erhalten werden kann. Wenn die Anforderung (Demand) weiterhin zunimmt, kommt es zum Übergang in die Region B, bei der die Workload höher ist als in Region A3 und die Leistung entsprechend abnimmt. In Region C, bei der die Person überfordert ist, befindet sich die Leistung auf dem Minimum.

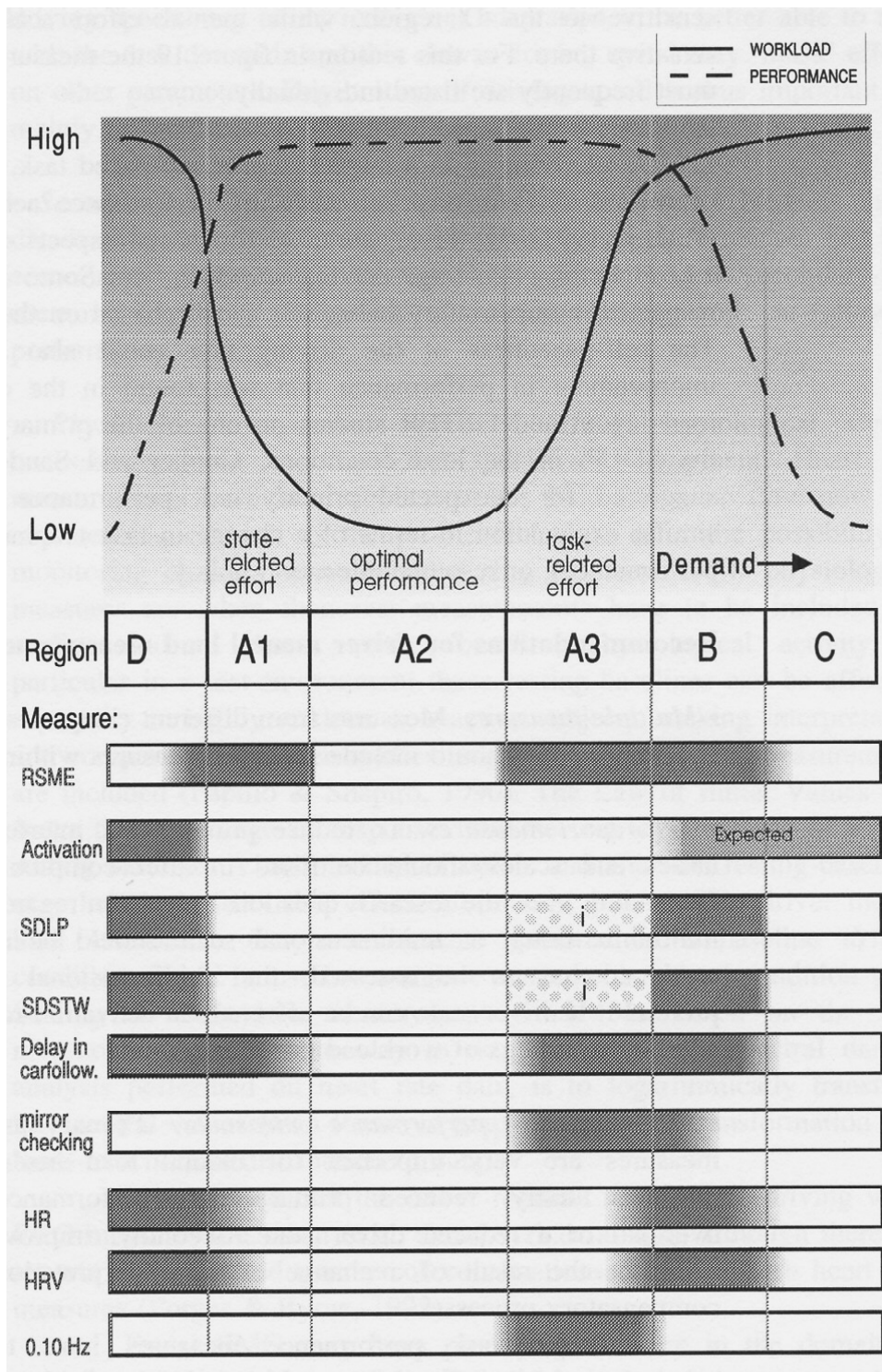


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Workload und Aufgabenleistung; Diagnostizität verschiedener Meßgrößen (De Waard, 1996)

Der hier beschriebene Zusammenhang stellt eine allgemeine bzw. aufsummierte Beziehung zwischen Demand, Workload und Performanz dar. Für die Überlegungen gemäß dem MRM (Wickens, 1984) bedeutet dies, daß der visuelle Demand sich in einer anderen Region befinden kann als der auditorische oder zentrale Demand.

Es bleibt somit festzuhalten, daß aufgrund der Leistung nicht auf Demand oder Workload geschlossen werden kann. Vielmehr müssen entsprechende Meßmethoden (für eine detaillierte



Diskussion siehe De Waard, 1996) in den verschiedenen Bereichen angewandt werden um Workload zu messen (siehe Abbildung 3). Relevant sind dabei die Bereiche, bei denen die Leistung plötzlich abfällt oder aber auch unverändert bleibt jedoch verbunden mit einer Änderung der erlebten Workload. Letztgenanntes kann langfristig zu Leistungseinbußen führen. Weiterhin sprechen die Erkenntnisse aus diesem Modell für eine Variation der Komplexität von Fahr- und Sekundäraufgabe. Faßt man die Erkenntnisse von De Waard (ebd.) zusammen, so sollte man in Region D Verschlechterungen in der Leistung der Primäraufgabe und Veränderungen in der Herzrate feststellen können. In Region A1, in der sich die sichtbare Leistung auf einem hohen Niveau befindet, kann nur durch die Self-Report-Maße ein differenziertes Bild erwartet werden. Sofern die Anforderung steigt und die Leistung nur durch Investition zusätzlicher Ressourcen aufrecht erhalten werden kann (Region A3), sollten u.a. Self-Report-Maße aber auch die 0.1 Hz-Komponente dies aufzeigen können. Interessanterweise kann man evtl. sogar hier eine Verbesserung der Primäraufgaben-Leistung (SDLP) beobachten. Sofern die Leistung abfällt (Region B) sind nur noch Leistungsmaße als Indikatoren relevant. In der Region D sind schließlich nur noch die Aktivations-Skalen sensitiv.

Aufgrund der unterschiedlichen Differenzierbarkeit dieser Maße sollten nach Ansicht von De Waard (1996) sowohl subjektive und objektive als auch physiologische Maße verwendet werden, um einen Gesamteindruck des Zusammenhangs zwischen Leistung und Workload zu erhalten.

Im nachfolgenden Kapitel sollen daher die verschiedenen Maße der Beanspruchung erörtert werden.

### **2.3.1 Maße der Beanspruchung**

Nach O'Donnell und Eggemeier (1986) können drei verschiedene Arten von Workload-Messungen unterschieden werden. Hierbei ist zwischen subjektiven, Leistungs- und physiologischen Maßen zu unterscheiden.

#### **2.3.1.1 Subjektive Maße**

Bei der Verwendung von subjektiven Methoden werden die Personen aufgefordert, „to rate the level of mental effort that they feel is required to accomplish the task“ (S. 425, Tsang & Wilson, 1997), d.h. die erlebte Beanspruchung mitzuteilen.

Allgemein kann nach Verwey (1990) über subjektive Maße gesagt werden, daß sie „quite capable of estimating task difficulty“ (S. 12) sind.

Durch den direkten Zusammenhang zwischen Bewerter und zu Bewertendem erfolgt keine Verfälschung der Daten durch Meßinstrumente. Zudem besitzen subjektive Maße eine hohe ‚face validity‘ und durch leichte Anwendbarkeit und niedrige Kosten stellen sie oftmals ein geeignetes Maß zur Erfassung der Beanspruchung dar. Zudem sind sie nach De Waard (1996),

i.d.R. in allen Regionen, außer der A2, sensitiv (siehe Abbildung 3). Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Maße sofern sie nach Beendigung der Aufgabe verwendet werden, zu keiner ‚primary task intrusion‘ führen d.h. keine Beeinträchtigung der Primäraufgaben-Leistung mit sich bringen.

Es sind jedoch auch einige Probleme mit subjektiven Maßen verbunden. So ist die Unterscheidung der verschiedenen Quellen der Beanspruchung z.B. körperliche und psychische Beanspruchung kaum möglich. Weiterhin kann der Proband oft nicht zwischen externer Anforderung, bedingt durch die aktuelle Aufgabenschwierigkeit (external Demand) und der resultierenden Anstrengung (Effort) bzw. Workload unterscheiden. Nach Bartmann (1995) sind subjektive Maße „generell anfällig gegenüber Einstellungen und Erwartungen“ (S. 11). Darüber hinaus sollte die Erhebung der subjektiven Maße nicht später als 15 Minuten nach der Aufgabenerfüllung erfolgen, da es sonst zu unerwünschten Verzerrungen der Versuchspersonen-Urteile kommen kann (Wierwille & Eggemeier, 1993).

Die Erfassung der subjektiven Beanspruchung kann durch freie Interviews und durch nicht-standardisierte oder standardisierte Verfahren (Fragebögen) erfolgen. Eine der am häufigsten verwendeten Methoden zur Erfassung der mentalen Beanspruchung stellt der NASA-Task-Load-Index (TLX) dar, der von Hart und Staveland (1988) entwickelt wurde. Die Beanspruchung wird bei diesem standardisierten Fragebogen als multidimensionales Konstrukt gesehen. Die betrachteten Dimensionen sind geistige, körperliche und zeitliche Anforderung, Aufgabenerfüllung, Anstrengung und Unzufriedenheit (siehe Anhang 4).

Dagegen wird beim Raw-Task-Load-Index (RTLX, Byers et al., 1989) lediglich der Durchschnitt aus den sechs TLX-Dimensionen gebildet. Aufgrund der hohen Korrelation ( $R_s = 0.96-0.98$ ) zwischen den TLX- und RTLX-Werten sowie den vergleichbaren Mittelwerten und Standardabweichungen findet der RTLX zunehmend Beachtung (Byers et al., 1989).

### **2.3.1.2 Leistungsmaße**

Bei diesen Maßen wird die Leistung der Person als Hinweis auf den vorherrschenden Mental Workload angesehen. Grundsätzlich verbirgt sich dahinter die Annahme, daß der Mensch – unabhängig vom Aufmerksamkeitsmodell – nur eine beschränkte Verarbeitungskapazität besitzt. Weiterhin wird angenommen, daß er für die Bearbeitung von Aufgaben Kapazitäten benötigt. Sofern Anforderungen (Demand) steigen, verschlechtert sich demnach seine Leistung ab einem bestimmten Punkt.

Bei den Leistungsmaßen wird unterschieden zwischen Maßen der Primär- und der Sekundäraufgabe.

#### **Maße der Primäraufgabe**

Hierbei wird ausschließlich die Leistung in einer Aufgabe z.B. der Fahraufgabe betrachtet. Die Annahme dabei ist, daß bei steigender Beanspruchung die erbrachte Leistung abfällt. Ge-

messen werden dabei z.B. Größen wie Verstöße oder die gefahrene Geschwindigkeit.

Diese Maße sind äußerst aufgabenspezifisch und besitzen nur eine geringe Diagnostizität. So kommt es zwar einerseits zum Abfall der Leistung außerhalb Region A aber andererseits kann aufgrund einer gleichbleibenden Leistung in Region A nicht auf einen gleichen Workload geschlossen werden. Dies wurde bereits im vorherigen Kapitel diskutiert. Der Nutzen bei einer Erfassung von mentaler Beanspruchung ist daher eher als gering einzustufen (De Waard, 1996).

### **Maße der Sekundäraufgabe**

Für die Maße der Sekundäraufgabe wird das Sekundäraufgabenparadigma verwendet, bei welchem zwei Aufgaben parallel absolviert werden müssen. Somit können neben den Maßen der Primär- auch die der Sekundäraufgabe erhoben werden. Dabei kann entweder die Leistung der Primäraufgabe („Subsidiary Task Paradigm“ bzw. Paradigma der Nebenaufgabe) oder die der Sekundäraufgabe („Loading Task Paradigm“ bzw. Paradigma der Belastungsaufgabe) konstant gehalten werden. In beiden Fällen ist mit einer Reduktion der Performanz in der jeweilig nicht konstant gehaltenen Aufgabe zu rechnen. Der Grad des Leistungsabfalls hängt dabei u.a. von den verwendeten Ressourcen bei der Informationsverarbeitung ab (siehe z.B. Wickens, 1984). Bezieht man sich auf die beschriebenen Erkenntnisse aus dem MRM, so kann man bei dem Paradigma der Zweitaufgabe die größte Sensitivität dann erwarten, wenn es zu einer Überlappung der Ressourcen kommt. In diesem Sinne sollte eine visuelle Zweitaufgabe eine große Überlappung bei der Wahrnehmungsmodalität aufweisen, da der Großteil der Informationen beim Fahren über den visuellen Kanal aufgenommen wird. Eine große Auswahl an möglichen Zweitaufgaben lassen sich bei Bartmann (1995) finden.

In der vorliegenden Arbeit wird das Doppelaufgabenparadigma verwendet. Dabei wird der Fahrsicherheit die höchste Priorität eingeräumt, was dem „Subsidiary Task Paradigm“ bzw. Paradigma der Nebenaufgabe entspricht. Allerdings wird der Sekundäraufgabe jedoch, durch das begrenzte Zeitfenster in der sie bearbeitet werden soll, ebenfalls eine recht hohe Priorität zugewiesen (siehe Instruktion, Kapitel 3.3).

#### **2.3.1.3 Physiologische Maße**

Eine weitere Kategorie der Workload-Messung stellen die physiologischen Verfahren dar. Hierbei wird angenommen, daß eine Belastung mit einer Veränderung von physiologischen Prozessen einher geht. Durch die Messung der physiologischen Maße versucht man also die Beanspruchung zu erfassen, die durch die Belastung entsteht.

Nach De Waard (1996) könnten physiologische Verfahren sowohl bei der Erfassung von „Global Arousal“ (zum Beispiel unter Verwendung des Pupillen-Durchmessers) als auch von spe-

zifischen Informationsverarbeitungsstufen differenzierende Ergebnisse (zum Beispiel unter Verwendung des „evoked cortical brain potentials“) liefern.

Der Vorteil dieser Maße liegt meßtechnisch u.a. bei der Möglichkeit einer kontinuierlichen Aufzeichnung und der geringen Aufdringlichkeit bzw. Störung des Probanden bei der Aufgabenerfüllung. Zudem erfordern sie keine Reaktion von Seiten der Versuchsperson (Wilson & Eggemeier, 1991).

Die Akzeptanz kann jedoch relativ gering sein, da das Anbringen von Elektroden als Meßaufnehmer notwendig ist. Ein weiterer Nachteil besteht in der hohen Variabilität, die durch die Meßquelle entsteht. Weiterhin erweisen sich nicht relevante Größen (z.B. Lärm) als negative Einflußgrößen hinsichtlich der physiologischen Maße. Die Ergebnisse sind dadurch oft schwierig interpretierbar.

Die am häufigsten verwendeten Maße im Bereich von Herzrate und Augenaktivität sollen nun nachfolgend erläutert werden.

### **Herzfunktionen**

Nach Roscoe (1992) wurde die Herzrate erstmals 1917 bei einem Flug zur Bewertung des Zustandes des Operators (Flugzeugführers) verwendet. Seither hat eine Vielzahl an Arbeiten – wenn auch nicht immer widerspruchsfrei – den Zusammenhang zwischen Herzratenfunktionen und mentaler Beanspruchung aufgezeigt.

Einer der bei der Beanspruchungsmessung verwendeten Maße stellt die Herzrate (HR), gemessen als Beats Per Minute (Bpm „Herzschläge pro Minute“) dar. Wie in zahlreichen Versuchen gezeigt werden konnte, nimmt die durchschnittliche Herzrate bei mentaler Belastung zu (z.B. Brookhuis et al., 1991). Diese wird jedoch teilweise durch physische Aktivität und emotionale Regungen beeinflusst (siehe De Waard, 1996).

Ein weiteres Maß stellt der Inter-Beat-Interval (IBI) dar, welches die Zeit zwischen den einzelnen Herzschlägen widerspiegelt. Weiterhin wird auch die Herzratenvariabilität (HRV) verwendet, um mentale Belastung zu erfassen. Sie wird über die Division der Standardabweichung des IBIs durch das durchschnittliche IBI ermittelt. Im allgemeinen geht man davon aus, daß die Variabilität der Herzrate mit dem Anstieg der Beanspruchung abnimmt. Wegen der Sensitivität auf physische Aktivität ist dieses Maß jedoch vorsichtig zu interpretieren (De Waard, 1996).

Ein weiteres erfolgversprechendes Maß zur Erfassung von Workload stellt die 0.1 Hz-Komponente der frequenzabhängigen HRV von Mulder (z.B. Mulder, 1980) dar. Das mittlere Frequenzband der HRV (0.07-0.14 Hz) konnten nachweislich mit der mentalen Beanspruchung und Aufgabenschwierigkeit in Verbindung gebracht werden. Es zeigt sich jedoch auch, daß „if verbalization is a predominant aspect of operator performance the 0.10 Hz component may be less suitable for mental load assessments“ (S. 40, De Waard, 1996). Somit ist von der Verwendung der 0.1 Hz-Komponente abzusehen wenn längere Sequenzen motorischer Aktionen

(z.B. Lenken oder Sprechen) notwendig sind. Dieses Maß ist daher im Zusammenhang mit der Fahrzeugführung nicht geeignet.

Alle hier beschriebenen Effekte beziehen sich auf nicht alkoholisierte und nicht medikamentös behandelte Personen.

### **Blickverhalten**

Wie schon bei den Herzdaten können auch bei der Verwendung von Blickdaten verschiedene Größen herangezogen werden. Das ist beispielsweise das Blickverhalten im Sinne von Blickmustern, die Dauer der Blicke (in sec.) bezüglich verschiedener Blickorte wie Spiegel oder Mittelkonsole, sowie die Häufigkeit der Blicke in Richtung verschiedener Blickorte.

Als Blicke werden dabei eine Reihe von Fixationen auf dasselbe Objekt, z.B. Spiegel, Radio etc. verstanden. Die Blickdauer ist definiert als die Dauer zwischen dem Zeitpunkt in dem der Blick zu einem Objekt gelenkt wird bis zum Zeitpunkt des Verlassens dieses Zieles. Mit der Blickhäufigkeit bezeichnet man die Anzahl der Blicke zu einem bestimmten Blickort oder die Anzahl, die benötigt wird um eine definierte Aufgabe, z.B. neuen Radiosender einstellen, zu erledigen. Das Produkt aus Blickdauer und Blickhäufigkeit wird Gesamtblickdauer genannt.

Auch wenn diese Maße zur Erfassung der mentalen Beanspruchung sehr plausibel erscheinen, beinhalten sie nach De Waard (1996) auch einige Nachteile. So können z.B. in Situationen mit niedriger oder geringer Beanspruchung Ergebnisse verzerrt werden. Denn die Summe der Blickdauern in einer Situation entspricht immer der Dauer der analysierten Situation. Innerhalb dieses Zeitraums werden jedoch die Blicke auch zu Orten umher schweifen, die nicht relevant für die Aufgabenerfüllung sind. Zudem kann nicht immer davon ausgegangen werden, daß die betrachtete Informationsquelle auch verarbeitet wird. Andererseits können auch Informationen aufgenommen und verarbeitet werden, wenn der Blick nicht sichtbar auf einen Blickort gerichtet ist. Dies ist beim peripheren Sehen der Fall. Einen weiteren Nachteil im Zusammenhang mit diesen Größen stellt die Datenauswertung dar, die in der Praxis meist sehr aufwendig manuell anhand von Videobändern erfolgt.

Trotzdem ist davon auszugehen, daß die Blicke in den Fahrzeuginnenraum als „a measure of distraction, since the visual attention is distracted from outside the vehicle to inside the vehicle“ (S. 2, Martens et al. 2000) gelten und daher besondere Beachtung verdienen.

## **2.4 Experimentelle Studien und Ergebnisse in der Literatur**

Aufgrund des hohen Stellenwertes des Blickverhaltens bei der vorliegenden Untersuchung zur visuell indizierten Ablenkung werden im ersten Abschnitt verschiedene Ergebnisse aus Untersuchungen zum Blickverhalten betrachtet. Im Anschluß daran werden relevante Studien betrachtet, die andere Maße berücksichtigen.

### 2.4.1 Blickstudien

Auch wenn man die in der Literatur oft zitierte Aussage bezweifelt, daß 90 % der Informationen die zum Autofahren benutzt werden visueller Natur sind (siehe z.B. Hella, 1987; Fairclough et al., 1993; Noy, 1996; Fastenmeier, 1995), weil sie sich jeglicher Grundlage der exakten Messung der verwendeten Reize entziehen (Sivak, 1995), kann nicht abgestritten werden, daß sehr viele Informationen visuell aufgenommen werden.

Es stellt sich daher die Frage, welche Auswirkung eine konkurrierende visuelle Zweitaufgabe im Innenraum auf den Fahrer hat.

Nach Hughes et al. (1986) stehen dem Fahrer 30-50 % der visuellen Aufmerksamkeit zur Verfügung für Aufgaben, die nicht im Zusammenhang mit der eigentlichen Fahraufgabe stehen (zitiert nach Nieminen & Summala, 1994). Folgt man deren Meinung, so könnte man annehmen, daß zusätzliche visuelle Aufgaben ohne entscheidend negative Konsequenzen präsentiert werden können.

Wie jedoch schon 1977 von Treat (zitiert nach Rockwell, 1988) festgehalten wurde, scheinen „perceptual problems to be the largest single cause of accidents, including improper lookout, delayed recognition of hazards, failure to see other vehicles, etc.” (S. 318).

Die Frage wie viele Informationen der Fahrer visuell aufnimmt bzw. wie hoch seine visuelle Restkapazität ist, scheint daher nicht zielführend zu sein, sondern eher wie sich das Blickverhalten bei einer Doppelaufgabe darstellt. Dabei hängt nach Rockwell (1988) das Blickverhalten eines Fahrers von vier grundlegenden Faktoren ab. Dies sind zum einen die Fahrereffektoren, z.B. Alter, Geschlecht, Risikobereitschaft etc., und die Straßen- und Verkehrsfaktoren, wie beispielsweise Straßenführung, Geschwindigkeit der Fahrzeuge, Verkehrsdichte, Anzahl der Fahrspuren, Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug und das Wetter. Den dritten Faktor bildet die Dringlichkeit bzw. empfundene Relevanz, der abgelesenen Informationen auf einem Display im Fahrzeug. Schließlich beeinflussen noch die Designfaktoren, z.B. Größe, Platzierung von Displays, Lesbarkeit und Komplexität das Blickverhalten von Fahrern. Die letztgenannten Faktoren waren bislang unterschiedlich häufig Gegenstand von systematisch durchgeführten Blickstudien, was die Unterschiede in den veröffentlichten Ergebnissen erklärt.

Es ist augenfällig, daß in dem Augenblick in dem der Fahrer seinen Blick (und seine Aufmerksamkeit) ins Fahrzeuginnere lenkt oder dieser dahin gelenkt wird, es zu einer potentiellen Gefährdung kommt. Innerhalb dieses Zeitfensters fehlen ihm neue Informationen zu der vorliegenden Verkehrssituation und somit evtl. die Grundlagen diese zu kontrollieren.

Was macht der Fahrer demnach, wenn er seinen Blick nach innen lenkt?

Im Zusammenhang mit dem Effekt von Zweitaufgaben auf das Blickverhalten in den Innenraum trifft man in der Literatur auf die häufig zitierte Blickdauer von rund  $1 \pm .5$  sec.. Auch Rockwell (1988), der Daten aus verschiedenen Experimenten behandelt, kommt zum Schluß, daß „the strategy for most complex targets is to make series of glances of  $1 \frac{1}{4}$  seconds until the task is completed” (S. 322).

Bei schlecht gestalteten Display-Inhalten kommt es dabei zu einer höheren Blickanzahl als bei guten Display-Inhalten. In bestimmten Fällen, wie der Verwendung einer kleinen Beschriftung von Bedienelementen, kann es sogar zu einer Steigerung der Blickdauer um 20 % kommen. Somit ist die durchschnittliche Blickanzahl, z.B. bei einer Radiobedienung, als sensibler anzusehen als die durchschnittliche Blickdauer, um einen Unterschied der Fahrer oder des Designs zu erfassen. Dies zeigt sich auch in den Daten aus drei verschiedenen Blickstudien, bei der die durchschnittliche Blickdauer sich relativ konsistent darstellt:

Tabelle 2: Durchschnittliche Blickdauer in Abhängigkeit vom Blickort (Rockwell, 1988)

<b>Blickort</b>	<b>Blickdauer</b>
<b>Radio</b>	1.37 sec.
<b>Linker Außenspiegel</b>	1.1 sec. bei einer Detektionsaufgabe; 1.27 sec. bei einer Identifikationsaufgabe
<b>Rechter Außenspiegel</b>	1.13 sec.
<b>Innenspiegel</b>	1.0 sec.
<b>Tachometer</b>	0.8 sec.

Wie zu erkennen ist, liegt die Blickdauer auf das Radio über denen auf die restlichen Blickorte. Dies liegt an der Art der jeweiligen Aufgabe, die mit den verschiedenen Blickorten verbunden ist. Während man bei der Radioaufgabe einer Identifikations-/ Diskriminations- Aufgabe gegenübersteht, ist beim Blick in den Spiegel die Bewältigung einer Detektionsaufgabe (ob ein Auto vorhanden ist oder nicht?) notwendig. Wie auch Tabelle 2 erkennen lässt, kann sich die Blickdauer auf den Außenspiegel bei einer Veränderung der Aufgabenstellung, d.h. von einer Detektion zu einer Identifikation (z.B. Farbe des Fahrzeugs im Rückspiegel), auf das Niveau der Radio-Blickdauer verändern. Die durchschnittliche Blickdauer auf „konventionelle Fahrzeugeinrichtungen liegt somit in einer Größenordnung von  $1 \text{ s} \pm 0.5 \text{ s}$  und damit in der gleichen Größenordnung wie die 0.8 sec. bis 1.2 sec., die in der StVO zur Bestimmung der zur Einhaltung des Mindestabstands zurückgelegten Wegstrecke vorgeschrieben sind“ (Bruckmayr et al., 1994; S. 14).

Ähnliche Blickzeiten ergeben sich auch aus der Reanalyse der Daten von Rockwell (1988) und Wierwille et al. (1988) von Toaka (1990, siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Blickparameter für verschiedene Blickorte (Toaka, 1990, modifiziert)

<b>Blickort</b>	<b>Mittelwert Blickdauer</b>	<b>Standard- abweichung</b>
<b>Radio</b>	1.44 sec.	0.50 sec.
<b>Linker Spiegel</b>	1.10 sec.	0.30 sec.
<b>Innenspiegel</b>	0.75 sec.	0.36 sec.
<b>Tachometer</b>	0.62 sec.	0.48 sec.
<b>Temperatur- anzeige</b>	1.10 sec.	0.52 sec.
<b>Straßenschild</b>	1.63 sec.	0.80 sec.
<b>Entfroster</b>	1.14 sec.	0.61 sec.

Die längste Blickdauer fällt wiederum auf den Blickort Radio. Wie bereits oben erwähnt, wird die Blickdauer auch vom Design beeinträchtigt. So kann bei einer kleinen Schrift einer z.B. Radioanlage dies dazu führen, daß die Blickdauer sich um 20 % erhöht. In diesem Fall läßt sich eine höhere notwendige Blickdauer nicht vollständig durch mehrmaliges Hinschauen kompensieren. Rockwell (1988) sagt jedoch voraus, daß bei komplexen Display-Inhalten (z.B. Touch-CRT's) sowohl durch eine bessere Segmentierung des Displays als auch durch große Elemente auf dem Display sich die Blickdauer und die Blickhäufigkeit reduzieren lassen. Weiterhin läßt sich so auch die Anzahl der Fehler reduzieren. Bei starkem Verkehr kann andererseits die Blickdauer ins Fahrzeuginnere (z.B. auf Spiegel und Radio) um 20 % kürzer ausfallen (Rockwell, 1988). Dies ist laut Rockwell (ebd.) auch im Einklang mit den Ergebnissen aus Untersuchungen zu Blickdauern auf Verkehrsschildern, in denen gezeigt wird, daß die Blickdauer bei geringem Verkehr auf ein Schild 2 sec. beträgt. Im Vergleich dazu sinkt die Blickdauer auf 0.9 sec. wenn die Verkehrsdichte ansteigt. Auch Wierwille et al. (1988, zitiert nach Bruckmayr et al., 1994) können nachweisen, daß bei hoher Verkehrsdichte die Blickdauer nach außen von 1.2 sec. auf 3.0 sec. ansteigt. Gleichzeitig sinkt die Wahrscheinlichkeit, die Navigationsanzeige zu betrachten von 0.31 auf 0.19.

Verglichen dazu treten in der Studie von Tijerina et al. (2000), Blickzeiten auf Navigationssystemen zwischen 2.5 sec. und 3.2 sec. auf.

Persönlichkeitsvariablen können ebenfalls einen Effekt auf das Blickverhalten haben. „Was die Blickzeiten betrifft, gibt es gewichtige Anzeichen dafür, daß einzelne Blickzeiten und die Anzahl der Blicke innerhalb des Fahrzeugs mit fortschreitendem Alter zunehmen. Außerdem nimmt die Übergangszeit zwischen Aufgaben innerhalb des Fahrzeugs und der Zuwendung zum vorderen Blickfeld mit fortschreitendem Alter zu“ (Wierwille, 1992, S. 91). Rockwell (1988) kann jedoch innerhalb seiner Studie nachweisen, daß die Blickdauer auf das Radio bei den älteren Fahrern nur geringfügig länger als bei den jüngeren Fahrern ist. Dagegen nimmt die Blickhäufigkeit bei Fahrern um rund 20 % im Alter zu.



Andererseits gibt es auch Studien, die zeigen, daß die älteren Fahrer weniger Orte länger anblicken (Maltz & Shinar, 1999). Auch die Anzahl von Fehlern (z.B. Fehlbedienung) nimmt zu, wie einige Studien zeigen (Rockwell, 1988). Es werden zudem weniger Blicke in die Spiegel gemacht, was in das Gesamtbild paßt, daß älteren Fahrer weniger Orte länger anschauen.

Was bedeutet nun Blickabwendung im Zusammenhang mit Verkehrsgefährdung?

Bezüglich der Blickdauer argumentieren verschiedene Autoren wie Rockwell (1988), Bruckmayr et al. (1994), Nieminen et al. (1994) und Wierwille (1992) ähnlich, indem sie sagen, daß die Blickdauer im Durchschnitt nicht länger als 1.5 sec. beträgt.

Nach Ansicht von Rockwell (1988) ist sogar „our driver ... generally resistant to the electronic temptations placed before him on the instrument panel and limits his excursions from the road to less than 1½ seconds. As long as these temptations are optional, i.e., not required for vehicle control, he will pay the price in more glances but not in longer glances” (S. 324).

Die Sicherheitsfrage bezüglich der kritischen Blickanzahl untersuchen u.a. Zwahlen et al. (1988), im Zusammenhang mit der Bedienung eines CRT Touch Panels. Acht Versuchspersonen bedienen in dieser Studie bei einer Geradeausfahrt auf einem ehemaligen Flughafen-gelände ein simuliertes Touch Screen für Radio und Klimaanlage. Dabei ist eine Geschwindigkeit von 40 mph (ca. 64.4 km/h) einzuhalten (siehe nächstes Kapitel). U.a. basierend auf den Ergebnissen des Versuchs kommen die Autoren zum Schluß, daß sobald mehr als drei Blicke notwendig sind, um einen Aufgabe zu erfüllen, die im Arbeitsgedächtnis gespeicherten Informationen über den Verkehr bzw. die Verkehrsbedingungen auf ein nicht-adäquates Niveau gesunken sind. Dies bestätigt nochmals die Relevanz der Betrachtung von Blickanzahlen. Aus den Ergebnissen verschiedener Studien schlägt Zwahlen et al. (ebd.) folgende Gestaltungsempfehlung zur Bewertung von Systemen vor:

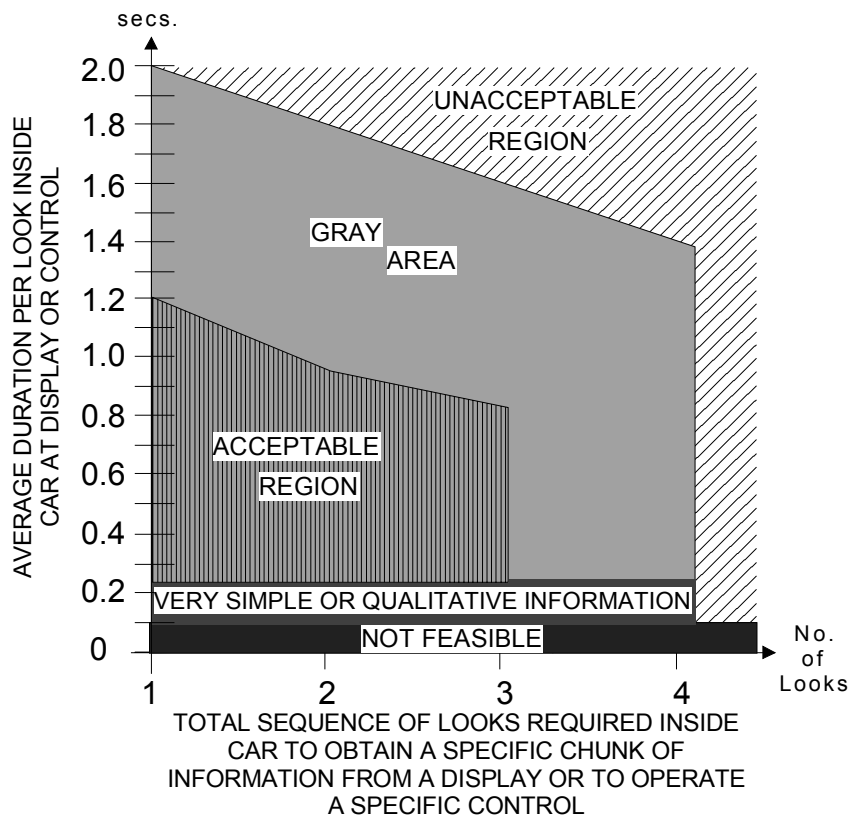


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Blickdauer, Blickhäufigkeit und Kritikalität im Straßenverkehr (Zwahlen et al., 1988)

Nach Ansicht von Zwahlen et al. (1988) sind demzufolge Blicke von bis zu 1.2 sec. noch akzeptabel, sofern die Anzahl drei Blicke pro Informationseinheit nicht überschreitet. Die Blickdauer sollte jedoch dabei pro Blick abnehmen, so daß der dritte Blick nicht länger als 0.9 sec. beträgt. Der Graubereich ("Gray Area"), zwischen dem noch akzeptablen und dem inakzeptablen Bereich, ist definiert durch ein Blickmuster von drei bis vier Blicken und einer Blickdauer von 1.2 bis 2 sec. Ist die Anzahl der Blicke größer als 4 und die Blickdauer länger als 2 sec. muß das Blickverhalten als sicherheitstechnisch inakzeptabel angesehen werden.

Auch wenn dieses Modell sehr praktikabel erscheint um MMI's zu testen, sollte nicht außer acht gelassen werden, daß die Richtlinien auf einem nicht besonders realitätsnahen Versuch basieren (vgl. Kap. 2.4.2). Zudem erfolgt die Bestimmung der verschiedenen Bereiche anhand der Spurhaltefähigkeiten der Versuchspersonen. Auf der Versuchsstrecke, einem stillgelegten Flughafengelände, fehlen jedoch die für die Spurhaltung relevanten visuellen peripheren Cues.

Im Widerspruch zu Zwahlen et al. (ebd.) gibt es sehr wohl auch Belege in der Literatur, die zeigen, daß Fahrer die Spur halten können, während sie eine Zweitaufgabe bearbeiten. Summala et al. (1998) beschreiben beispielsweise, daß Fahrer zwischen den ersten 1500 km und 50.000 km lernen effektiv mit visuellen Cues (z.B. laterale Geschwindigkeit und Kinetik) umzugehen. Dieses hilft „to perform essential in-car tasks, to look at the speedometer, adjust radio and heat, or search for street names or other relevant information in the traffic environ-

ment while keeping safely in a lane". Allerdings scheint nach Ansicht der Autoren dieses Lernverhalten auch durch einen negativen Effekt begleitet zu sein, da ein subjektives Gefühl von Kontrolle vermitteln werden kann. Demnach „drivers adapt their behavior to changes in their skills, and improved lane-keeping performance may make them attend increasingly to non-traffic targets such as mobile telephones, other in-car accessories and sight seeing while driving" (Summala, 1994, S. 401).

Bruckmayr et al. (1994) fassen eine Vielzahl von Studien zusammen und meinen zu der Frage 'wie lange zu lange ist' „derzeit – und möglicherweise auch grundsätzlich – scheint es schwierig zu sein, einen Maßstab für noch akzeptable visuelle Ablenkung durch informations- und kommunikationstechnische Einrichtungen in Kraftfahrzeugen festzulegen. Einstweilen können eine maximale Blickabwendungs-Dauer von 1 bis 1.5 sec. und die Möglichkeit der vollständigen Erfassung einer Informationseinheit durch einen, maximal drei Blicke zugrunde gelegt werden" (S. 17).

Es bleibt festzuhalten, daß es nur wenige Aussagen gibt, die man aus der Literatur für die vorliegende Arbeit anwenden könnte. So kann die Blickanzahl in bestimmten Situationen als sensibleres Maß betrachtet werden – auch wenn einige Effekte bei der Blickdauer zu beobachten sind. Weiterhin kann die Komplexität der Verkehrsbedingungen und der Sekundäraufgabe auch die Blickdauer beeinflussen. Für einen komplexen Versuchskontext unter Einbeziehung von verschiedenen Streckenkomplexitäten einerseits und unterschiedlichen Anforderungen der Sekundäraufgabe andererseits muß daher sowohl die Blickdauer als auch die Blickhäufigkeit betrachtet werden. Zudem erscheint eine differenzierte Betrachtung der Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. sinnvoll, um Aussagen über kritische Blicksequenzen machen zu können.

Was das Alter betrifft, so sollten bei den älteren Fahrern längere und häufigere Blicke auf das Sekundäraufgabendisplay auffallen und gleichzeitig weniger Blicke auf Spiegel und Tachometer.

#### **2.4.2 Weitere experimentelle Studien**

Die im nachfolgend vorgestellte Studien haben das Ziel den Effekt einer Zweitaufgabe auf die Fahraufgabe zu untersuchen. Da die Versuche jeweils u.a. verschiedene Versuchsumgebungen aufweisen, werden neben den Ergebnissen auch diese näher betrachtet.

Ziel der Studie von Becker et al. (1995) ist es den Einfluß des Telefonierens auf das Autofahren zu erfassen. Dabei wird der Anwahl- und Sprechvorgang betrachtet. Innerhalb des Anwahlvorgangs wird unterschieden zwischen den Varianten: Tastatur am Armaturenbrett, Tastatur an Mittelkonsole, Tastatur Handheld, Speicherabruf Armaturenbrett, Satellit und Display und Sprachcomputer. Innerhalb des Sprechvorgangs wird dagegen unterschieden zwischen Freisprechen leicht, Freisprechen schwer, Handheld leicht und Handheld schwer. Insgesamt

fahren 53 Probanden durch innerstädtische Strecken- und Autobahn-Abschnitte. Erhoben werden dabei sowohl subjektive (z.B. erlebte Ablenkung), physiologische (z.B. Blickdaten von sieben Probanden) und objektive Maße (z.B. TLC).

Die Ergebnisse zeigen, daß die Ausprägungen der Maße während der Anwähl-Phase sich nur in wenigen Fällen signifikant von denen der Baseline (Leerbedingung bei Becker et al. ebd. genannt) unterscheiden.

Eines dieser Maße ist die durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung (in %). Diese nimmt bei allen Varianten der Anwähl-Phase während des Telefonierens auf den Autobahn-Abschnitten zu, was laut Becker et al. (1995) auf ein unruhigeres Fahrverhalten hinweist. Bei der Betrachtung der Spurführungsqualität zeigt sich lediglich bei der Summe der Querföhrungsklassenwechsel pro Minute eine Zunahme bei zwei Anwählvarianten (Speicherabruf Armaturen Brett, Satellit und Display). Interessanterweise ist bei der Analyse des mittleren, minimalen und der Standardabweichung des Längsabstands in Sekunden keine signifikanten Veränderungen feststellbar. Auch das Maß Time-To-Collision (TTC), welches die Zeit definiert die vergehen würde bis zum Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug, sofern keine Regeltätigkeit ausgeführt wird, zeigt keine Unterschiede zwischen Kontroll- und Experimentalbedingungen. So wird bei der Kontrollbedingung ein TTC von 1.83 sec. eingehalten, während beispielsweise bei der Bedingung Tastatur Handheld ein TTC von 1.61 sec. vorhanden ist.

Bei dem Mittelwert des Time-To-Line-Crossing-Wertes (TLC) in Sekunden sowie bei der Kategorie der sicherheitskritischen TLC-Ereignisse (0-5 sec.) ergibt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zu der Kontrollbedingung. Bei den erfahrenen Fahrern zeigt sich dabei ein durchschnittlicher TLC-Wert von 11.5 sec.. Die Herzrate zeigt auch keine eindeutigen Veränderungen während der Anwähl-Phase des Telefonierens (Baseline: 76.76 Bpm, Tastatur Mitelkonsole: 78.49 Bpm).

Während des Sprechvorgangs ergeben sich teilweise andere Effekte als die bereits beschriebenen während der Anwähl-Phase. So kann hier keine Zunahme, sondern im Falle der schweren Sprechbedienung auf der Autobahn sogar eine Abnahme der Standardabweichung des Gaspedaltätigkeit beobachtet werden. Das Maß TTC weist bei der Baseline auf einen durchschnittlichen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug von rund 1.8 sec.. Alle Versuchsbedingungen weisen dagegen einen niedrigeren TTC-Wert auf – jedoch nur in der Handheld-Bedingung (schwer) ist dieser Unterschied signifikant (1.3 sec.).

Während der Sprechbedienung in der Stadt steigt die Herzrate verglichen mit der Kontrollbedingungen. So stellt sich bei der Baseline eine durchschnittliche Herzrate von 75.8 Bpm ein während es bei den experimentellen Bedingungen 5-10 Schläge/min mehr sind. Während dem Autobahn-Abschnitt nimmt die Herzrate jedoch lediglich bei der Bedingung Handheld (schwer) signifikant zu (Baseline: 76.74 Bpm, Handheld schwer: 79.5 Bpm).

Auch hier ist, wie schon beim Anwählvorgang, weder beim durchschnittlichen TLC (Erfahrene Fahrer- Baseline: 11.47 sec., Handheld schwer 12.0 sec.) noch beim kritischen TLC ein signifikanter Unterschied nachweisbar.

Die exemplarische Betrachtung des Zusammenspiels von Blickverhalten und Fahrzeuglängsführung bei einem Probanden innerhalb des Anwählvorgang kann zu weiteren differenzierten Erkenntnisse führen. So befindet sich nach Ansicht von Becker et al. (1995) der Fahrer aufgrund des Wechsels zwischen Fahren und Telefonieren an der Grenze seiner mentalen Verarbeitungsleistung. Dies hat zur Folge, daß der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug immer kleiner wird (teilweise 0.5 sec.), während die Blickdauer auf das Display dabei meist länger als eine Sekunde ist. Auch bei der Querregelung werden bei diesem Probanden die Belastungsgrenzen deutlich. Innerhalb einer Anwählsequenz zeigt sich, daß der Fahrer seinen Blick länger als durchschnittlich 2 sec. auf den Bedientaster und nur 0.5 sec. auf die Straße lenkt. Als Resultat verschlechtert sich die Fahrzeugposition auf der Straße, was lediglich durch starkes Gegenlenken korrigiert werden kann. Becker et al. (ebd.) schließt daraus, daß der Wählvorgang „ein solches Maß an Aufmerksamkeit [absorbiert], daß eine glatte und sichere Spurführung nicht mehr gewährleistet ist“ (S. 131). Auch bei den Versuchspersonen mit einer Blickdauer von 4.1 bis 4.8 sec. auf das Display kann eine Verschlechterung der Spurführung (bis hin zu Beinaheunfällen) registriert werden.

Zusammenfassend können im Hinblick auf die vorliegende Arbeit zwei Resultate hervorgehoben werden. Zum einen, daß bei der schwierigen Anwahl-Bedingung die Versuchspersonen weniger und kürzere Blicke verwenden. „Es ist zu vermuten, daß die Probanden in dieser Weise versuchten, eine Kompensation des als hoch empfundenen Risikos vorzunehmen“ (S. 133). Die längsten Fixationen sind bei den subjektiv als leicht eingestuften Bedingungen aufzufinden. Zum anderen kann bei den Abstands-Maßen während der Sprech-Bedingung eine Risikokompensation beobachtet werden. Dabei nimmt sowohl der durchschnittliche und minimale Abstand als auch der TTC-Wert bei den schwierigen Bedingungen zu. Es zeigt sich „eine, wenn auch geringe Anpassung des „Längsabstandsregelverhaltens“ an die subjektive Risikobewertung“ (S. 134). Wie allerdings die kritischen Spurabweichungen in diesen Situationen zeigen, kann die mentale Überbelastung nicht vollkommen kompensiert werden.

Eine weitere Studie die sich mit Telefonieren am Steuer beschäftigt stammt von Alm und Nilsson (1991). Die Aufgabe besteht darin, während der Fahrt auf einer sehr kurvigen (schwere Bedingung) oder geraden Straße (leichte Bedingung) einen Anruf entgegen zu nehmen und den Instruktionen zu folgen. In der einen Bedingung werden die Probanden dabei aufgefordert eine Entscheidungsaufgabe zu lösen indem sie akustisch dargebotene Sätze auf ihre logische Konsistenz beurteilen (Ja oder Nein-Antworten). In der anderen Bedingung sollen die Fahrer die letzten Worte der vorhergehenden fünf Sätze aufsagen (Gedächtnis-Aufgabe). Beide Bedingungen sind Teil des „Working Memory Span Test“ (Baddeley et al. 1985). Insgesamt bekommt jede Versuchsperson auf einer Strecke von 80 km acht Telefonbedingungen gestellt.

Während vier dieser Anrufe wird ein rotes Viereck in einiger Distanz zum Fahrzeug am linken Straßenrand eingeblendet (Detektions-Aufgabe). Sobald dieses erscheint sollen die Fahrer schnellstmöglich das Bremspedal betätigen.

Gemessen wird die Leistung in der Detektions-Aufgabe, die Fahrtgeschwindigkeit, die Reaktionszeit bei der Bremspedalbetätigung, die laterale Position und die subjektive Beanspruchung unter Verwendung des NASA-TLX.

Wie die Ergebnisse zeigen, bedingt die zusätzliche Bearbeitung der Telefonaufgabe auf den leichten Streckenabschnitten eine Verlängerung der Reaktionszeit bei der Betätigung des Bremspedals um 385 msec. verglichen mit der Kontrollbedingung (Fahren ohne Telefon-Aufgabe). Dieser Effekt tritt jedoch überraschenderweise nicht bei den schweren Streckenabschnitten auf. Wenn auch nicht signifikant, so zeigt sich hier jedoch, daß die Bremsbetätigung während dem Lösen der Telefon-Aufgabe schneller erfolgt als bei der Kontrollbedingung.

Ein Unterschied in der lateralen Position (beginnend mit dem Start des Anrufs für eine Strecke von 500 m) im Vergleich mit der Kontrollgruppe zeigt sich lediglich bei den schweren Streckenabschnitten. So ergeben sich während der Telefonaufgabe höhere Werte in der lateralen Position. Bei der Analyse des Streckenabschnitts beginnend mit der Telefonaufgabe für eine Strecke von 2500 m, zeigt sich sowohl bei den leichten als auch bei den schweren Streckenabschnitten ein höherer Wert in der lateralen Position bei der Telefon-Aufgabe verglichen mit der Kontrollbedingung. Erstaunlicherweise zeigt sich bei beiden Rechnungsarten (d.h. 0-500 m als auch bei 0-2500 m nach Start der Telefonaufgabe), daß die Werte bei den schweren Streckenabschnitten sowohl für die Kontroll-, als auch für die Experimentalbedingung z.T. weit unter denen bei der leichten Bedingung liegen. Somit fahren die Versuchspersonen hier genauer wenn die Anforderungen der Straßenführung höher sind. Als Konsequenz sehen Alm et al. (ebd.), daß „RTI systems for non driving information should not give their information when the driver's driving task is extremely simple. Instead it seems better to provide the driver with information when the driving task has a medium complexity“ (S. 24).

Die Annahmen, daß bei Komplexitätssteigerung der Strecke auch die Workload steigt kann anhand des NASA-TLX nicht bestätigt werden. Das Vorhanden sein einer Sekundäraufgabe hat jedoch einen negativen Effekt auf die erlebte Beanspruchung.

Lediglich bei den leichten Streckenabschnitten kommt es verglichen mit der Kontrollbedingung zu einer Reduktion der durchschnittlichen Geschwindigkeit (gemessen bei Start der Telefon-Aufgabe für die Dauer von 80 sec.), so daß man hier von einer Kompensation der erlebten Beanspruchung ausgehen kann. Bei den schweren Streckenabschnitten liegt sowohl mit als auch ohne Telefon-Aufgabe die Geschwindigkeit ca. 20 km/h unter der der leichten Streckenabschnitte.

Die Leistung in der Telefon-Aufgabe ist bei den leichten und schweren Straßenabschnitten gleich.

Alm et al. (1991) bieten verschiedene – zum Teil widersprüchliche – Erklärungen der Ergebnisse an. Nach ihrer Ansicht weisen die Ergebnisse darauf hin, daß die Fahrer in Abhängigkeit von der Streckenkomplexität verschiedene Strategien an den Tag legen. Während bei den leichten Streckenabschnitten die Sekundäraufgabe als Primäraufgabe angesehen wird, steht bei den komplexen Abschnitten die Fahraufgabe im Vordergrund. Dies ist nach Ansicht der Autoren auch der Grund warum bei den leichten Streckenabschnitten während der Zweitaufgabenbearbeitung die Zeit bis zur Bremspedalbetätigung länger ist und gleichzeitig langsamer gefahren wird. Gegen diese Erklärung spricht allerdings, daß die Leistung bei den Telefon-Aufgaben der leichten oder komplexen Streckenabschnitte gleich ist.

Alm et al. (1991) argumentieren weiterhin, daß die Variation der Streckenkomplexität (gerade vs. kurvig) nicht ausreichend sei, um wiederum unterschiedliche Anforderungen der Strecke herzustellen um einen entsprechenden Unterschied in der Telefon-Aufgaben-Leistung zu erzielen. „Manipulation of the tracking component can be the wrong way to increase task complexity since the tracking task of driving should be one of the most overlearned tasks” (S. 28). Bei dieser Argumentation stellt sich jedoch die Frage, warum bei der Analyse der lateralen Position Unterschiede zwischen Kontroll- und Experimentalbedingung auftreten.

Einer ähnlichen Fragestellung wie der hier vorliegenden widmen sich Dahmen-Zimmer et al. (1998) in ihrer Untersuchung. An einem statischen Simulator werden dabei Ablenkungs- und Abwendungseffekte innerhalb einer Nachfahraufgabe ermittelt. Die Versuchspersonen müssen hierbei während der Fahrt durch innerstädtische Strecken- (München und Regensburg) und Landstraßen-Abschnitte Sekundäraufgaben bearbeiten. Präsentiert werden diese auf einem Display, welches an der Mittelkonsole angebracht ist. Die Aufgabe besteht darin aus einem Fließtext der sich aus einer Reihe von Städteverbindungen und dazugehörigen Uhrzeiten zusammensetzt die Kombination „München Regensburg” (Zielreiz) oder umgekehrt zu finden. Der Text läuft dabei über den Bildschirm von unten nach oben. Sobald sich der Zielreiz innerhalb eines farblich gekennzeichneten Bereichs befindet, muß die Versuchsperson den am Blinker befestigten Druckknopf betätigen. Dabei bleibt ihr 2.2 sec. bis der Zielreiz aus dem farblichen Bereich „wandert”.

Während die Probanden bei der Abwendungsbedingung keinen zusätzlichen akustischen Hinweisreiz bekommen, wird ihnen bei der Ablenkungsaufgabe in 50 % der Fälle in denen der Zielreiz sich im farblichen Bereich befindet ein valider akustischer Cue dargeboten. In den restlichen Fällen ist ein invalider akustischer Cue vorhanden, d.h. innerhalb des farblich markierten Bereichs befindet sich ein falsches Städtepaar. Zusätzlich wird die Sekundäraufgabenkomplexität variiert, wobei bei der leichten Bedingung die Darstellung der Stadte kombinationen im Tabellen-Format und bei der schweren im Fließtext-Format realisiert wird. Neben einer Reihe von subjektiven Maßen (u.a. Basler Befindlichkeitsfragebogen, Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung, NASA-TLX) werden auch fahrdynamische Größen, Blickdaten und die Leistung in der Zweitaufgabe erhoben.

Bei den Ergebnissen zeigt sich, daß die durchschnittliche Fahrzeug-Geschwindigkeit lediglich mit zunehmender Streckenkomplexität abnimmt. Die Anwesenheit der Sekundäraufgabe und die Sekundäraufgaben-Bedingungen beeinflussen die Wahl der Geschwindigkeit hingegen nicht. Dahmen-Zimmer et al. (ebd.) schließen daraus, daß die Geschwindigkeit nicht als ein sensitives Maß für die Erfassung von Ablenkungseffekten angesehen werden kann.

Auch die Anzahl der auftretenden Spurhaltefehler wird lediglich von der Situationskomplexität beeinflusst, mit der größten Anzahl bei den komplexen Abschnitten. Beim Vergleich der Altersgruppen (basierend nur auf Landstraßen-Abschnitten) innerhalb der Ablenkungsaufgabe zeigen sich in den mittleren und komplexen Situationen mehr Spurhaltefehler bei den älteren Fahrern. Demnach wird die „Beachtung der Spurhalteleistung [als] durchaus geeignet [angesehen], Ablenkungsauswirkungen nachzuweisen“ (Dahmen-Zimmer et al., 1998, S. 93). Dabei sollte ein höherer Wert bei ansteigender Beanspruchung (z.B. bei Steigerung der Situationskomplexität) erkennbar sein. Die Standardabweichung der Gaspedalstellung zeigt nur wenige – zudem nicht widerspruchsfreie – signifikante Ergebnisse. Der Haupteffekt der Situationschwierigkeit zeigt beispielsweise den niedrigsten Wert bei der mittleren Situationskomplexität. Im Gegensatz dazu steigt die Regelaktivität bei komplexen Abschnitten an wenn eine Sekundäraufgabe vorhanden ist. Des weiteren lassen ältere Versuchspersonen einen höheren Regelaufwand erkennen.

Die Variabilität der Spurhalteleistung nimmt mit der Schwierigkeit der Streckenabschnitte zu. Wie auch schon bei der Analyse der Spurhaltefehler unterscheiden sich bei den Ablenkungsbedingungen die jüngeren – mit niedrigeren Werten – von den älteren Versuchsfahrern. Im Vergleich zu den älteren Fahrern profitieren die jüngeren offensichtlich mehr vom akustischen Hinweisreiz.

Bei der Analyse der Zusatzaufgabenleistung erweist sich die komplexe Bedingung (Fließtext) fehleranfälliger als die leichte (tabellarische Darstellungsweise) Bedingung. Bei dem NASA-TLX zeigt sich jedoch bei der erlebten Zusatzaufgabenschwierigkeit ein kleinerer Wert als bei der tabellarischen Darstellungsweise. Somit wird von den Probanden die Schwierigkeit beim Fließtext-Format als geringer angesehen – auch wenn ihre Leistungen dabei schlechter sind.

Innerhalb der leichten Situationskomplexität ist kein Unterschied zwischen der Leistung bei den leichten und schwierigen Sekundäraufgaben vorhanden. Bei den mittleren und komplexen Abschnitten zeigen sich jedoch mehr Fehler während der komplexen Sekundäraufgabenbedingung (Fließtext). Zudem weist die Abwendungsbedingung mehr Fehler auf. Erwartungsgemäß ist die Sekundäraufgabenleistung bei den älteren schlechter als bei den jüngeren Fahrern.

Überraschenderweise sind keine unterschiedlichen Blickzeiten bei der Ablenkung bzw. Abwendungsbedingung erkennbar. Im Zusammenhang mit der Situationskomplexität zeigt sich, daß mit dem Anstieg dieser die Verkehrsblindzeit abnimmt, was als gelungene Kompensation bewertet wird.



Bei den Korrelationen zwischen der Lenkleistung und der Leistung in der Sekundäraufgabe ergibt sich ein widersinniger Effekt dahingehend, daß „Versuchspersonen, welche in der Zusatzaufgabe eine bessere Leistung zeigen, durchschnittlich weniger von der Sollspur abkommen“ (Dahmen-Zimmer et al., 1998, S. 124). Dies gilt auch dann wenn die zwei Darstellungsarten getrennt betrachtet werden. Paradoxerweise zeigt sich zudem, daß die Probanden um so mehr von der Sollspur abkommen je geringer ihre Verkehrsblindzeit ist. Dies ist auch nachweisbar bei der Bedingung Fließtext sowie den Streckenabschnitten Landstraße und Stadtfahrt (Regensburg) der Fall. Es kann kein Zusammenhang zwischen Sekundäraufgabenleistung und Verkehrsblindzeit nachgewiesen werden. Lediglich in dem Streckenabschnitt „Regensburg“ zeigt sich, daß eine höhere Verkehrsblindzeit auch eine Steigerung der Leistung in der Sekundäraufgabe mit sich bringt.

Interessanterweise ist bei der detaillierten Analyse und Berechnung der Abweichung von der Sollspur kein Effekt der visuellen Sekundäraufgabe erkennbar.

Insgesamt zeigen sich bei den objektiven Daten nur wenige signifikante Effekte. Zudem „werden die Fahrerverhaltensmaße nur in äußerst geringem Umfang von der Anwesenheit und der Ausgestaltung einer visuellen Zusatzaufgabe beeinflusst“ (Dahmen-Zimmer et al., 1998, S. 143), sondern viel eher von der Streckenkomplexität. Von Dahmen-Zimmer et al. (ebd.) wird zusammenfassend aus den Fahrverhaltensdaten geschlossen, daß die Versuchspersonen in der Lage sind die Zusatzbelastung durch die Zweitaufgabe zu kompensieren. Als sensible Maße zur Erfassung von Ablenkungs- oder Abwendungseffekte werden die Variabilität der Spurhalteleistung, die Spurhalteleistung selbst und die Fehlerhäufigkeit der Sekundäraufgabe genannt. Es scheint jedoch auch möglich zu sein, daß die verwendeten Maße nicht die notwendige Diagnostizität besitzen.

Die Analyse des Einflusses von In-Vehicle Information Systems (IVIS) auf die Verkehrssicherheit ist Gegenstand der Studie von Verwey (1996a). Hierfür fahren zwölf Versuchspersonen durch Stadt- und Landstraßen-Abschnitte. Die Stadtfahrt beinhaltet Kreuzungen, Vorfahrtsstraßen (Rechts vor Links), Vorfahrt-Gewähren Straßen und Fahren auf geraden Hauptverkehrsstrecken. Bei den Landstraßen-Abschnitten fahren die Probanden auf geraden und kurvigen Strecken. In der Versuchsbedingung werden Karte-, Sprach-Aufgaben und Filter-Programmierungen vorgenommen. Es werden subjektive und objektive Daten erhoben, die nach Verwey (1996c) eine Relevanz für die Verkehrssicherheit besitzen. Bei den Erstgenannten wird das Fahrverhalten (z.B. Spurführung) durch einen Fahrlehrer bewertet und in die Kategorien ‚zufriedenstellend‘, ‚akzeptabel‘ oder ‚unsicher‘ eingestuft. Für die objektiven Maße wird u.a. der TLC und die Standardabweichung der Geschwindigkeit ermittelt. Anhand der Videobänder werden Blickdaten und hypothetische Bremsverzögerungen bewertet.

Die Ergebnisse zeigen das Auftreten unterschiedlicher Effekte in Abhängigkeit von den Verkehrssituationen. So ergibt sich bei den Abbiegesituationen eine Verschlechterung der Verkehrsüberwachung (Schulterblick) im Vergleich zur Baseline, jedoch keine Unterschiede zwi-

schen den verschiedenen IVIS-Bedingungen. Das Sicherungsverhalten ermittelt anhand der Videobänder zeigt dagegen keine Unterschiede. Während bei den IVIS-Bedingungen die Probanden in 46 der 69 (67 %) Fälle keinen Schulterblick zeigen, kommt es bei der Kontrollbedingung bei 38 von 67 (57 %) Situationen nicht zum Sicherungsverhalten. Die Spurführung verschlechtert sich während der IVIS-Bedingungen. Im Gegensatz dazu wird das Bremsverhalten ( $3 \text{ m/s}^2$  bzw.  $2 \text{ m/s}^2$  Verzögerung) nicht von der Zweitaufgabe beeinträchtigt. Daraus läßt sich schließen, daß die vorzubereitenden Handlungen für das Abbiegen (Bremsen) nicht im Ablauf (Timing) von der Sekundäraufgabe gestört werden.

Bei der Vorfahrtsstraße ist wiederum die Spurführung von der Doppelaufgabe beeinträchtigt. Marginale Unterschiede zeigen sich zu Ungunsten der IVIS-Bedingung bei dem Bremsverhalten. Weder das TTI-Maß (Time-To-Intersection), d.h. der Zeitpunkt des Betrachtens der Kreuzung, noch das kritische TTI-Maß (1.5 sec.) wird vom IVIS beeinträchtigt.

Bei den Vorfahrt-Gewähren-Abschnitten zeigen sich signifikante Effekte bei dem Brems- bzw. Verzögerungsverhalten. Es kommt zudem zur Unterschreitung des kritischen TTI-Maßes (1.5 sec.) in neun Fällen während der IVIS-Bedingung und elf Fällen bei der Kontrollbedingung, was jedoch nicht von statistischer Relevanz ist.

Bei der geraden innerstädtischen Strecke ist ebenfalls das Bremsverhalten während der Bearbeitung der Sekundäraufgabe kritischer als ohne Zweitaufgabenbearbeitung. Die durchschnittliche Geschwindigkeit und auch die Standardabweichung der Geschwindigkeit unterscheiden sich hingegen nicht in der Experimental- und Kontrollbedingung. Auch das TLC-Maß (Unterschreitung des kritischen Wert von 1.1 sec.) zeigt keine Beeinträchtigung durch die Anwesenheit der Sekundäraufgabe. So ergibt sich während der IVIS-Bedingungen eine Unterschreitung des Maßes in elf Fällen und in neun Fällen bei der Kontrollbedingung. Tatsächlich wird die Spurmarkierung jeweils viermal überschritten, wobei dieses vom Fahrlehrer bei der IVIS-Bedingung dreimal und bei der Kontrollbedingung dagegen einmal als unsicher eingestuft wird.

Um den Effekt eines vorausfahrenden Fahrzeuges bei geraden Landstraßen-Abschnitten auf das Blickverhalten zu untersuchen werden anhand einer Videoanalyse Blickhäufigkeiten und Blickdauer untersucht. Die Ergebnisse weisen auf eine höhere Blickhäufigkeit hin bei den Bedingungen, in den das vorausfahrende Fahrzeug bremst. Verglichen wird hier relativ zur Fahrt ohne ein vorausfahrendes Fahrzeug ( $MW = 5.4$  vs.  $MW = 4.4$ , respektive). Die häufigeren Blicke werden dabei durch signifikant kürzere kompensiert ( $MW = 1.3$  vs.  $MW = 1.6$ ) was zu einer konstanten Gesamtblickdauer führt. Somit wird häufiger aber dafür kürzer auf die Kartendarstellung geschaut wenn ein bremsendes, vorausfahrendes Fahrzeug vorhanden ist. Dagegen neigt der Proband bei freier Fahrt dazu länger aber dafür seltener auf ein Display zu schauen.

Insgesamt scheint die Bedienung von IVIS das Fahrverhalten nur relativ wenig zu beeinflussen. Es kann jedoch festgehalten werden, daß je nach Situation unterschiedliche Maße hilf-

reich sind um die Effekte der IVIS zu erfassen. "More detailed analyses showed that the safety reduction concerning looking, course keeping, and braking (mainly anticipation) when turning right, course keeping when approaching general rule intersections, braking (mainly anticipation) when approaching priority intersections, and course keeping when driving straight. Steering wheel frequency increased at the straight urban sections with filter programming but not with map and speech" (Verwey, 1996a, S. 23). Insgesamt betrachtet zeigen die objektiven Maße, wie mittlere Geschwindigkeit und Standardabweichung der Geschwindigkeit, sowie Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug (bei der straight urban condition) und Intersteer Interval keinen Effekt. Lediglich die subjektive Einschätzung der Spurführung und des Bremsverhaltens durch den Fahrlehrer unterscheiden sich. Beide Maße sind jedoch auf der Stabilisierungs-Ebene angesiedelt und nach Ansicht von Verwey „less related to safety“ (1996a, S. 13) und somit im Einklang mit der Vorstellung, daß eine Zweitaufgabe weniger sicherheitsrelevantes als nicht sicherheitsrelevantes Verhalten beeinträchtigen sollte.

Basierend auf den Erkenntnissen der Studien bewertet Verwey (z.B. 1996a) die subjektiven Maße im Vergleich zu den objektiven Maßen als erfolversprechender um Sicherheitsbeeinträchtigungen durch Zweitaufgaben zu erfassen. Begründet wird dies zum einen damit, daß der Beobachter bei den subjektiven Maßen in der Lage ist, die verschiedenen Verhaltensmuster zu berücksichtigen. Zum anderen kann dieses Verhalten auch bezüglich der resultierenden Kritikalität in der spezifischen Situation adäquat bewertet werden.

Zusammenfassend schließt Verwey (ebd.), daß bei der komplexsten IVIS-Bedingung (Filter-Programmierung) es zu einer achtfachen Steigerung der Kritikalität verglichen mit der Baseline kommt. Hauptsächlich verursacht wird dies durch eine Verschlechterung der Spurhaltung (erfaßt durch den Fahrlehrer) und der schlechteren Antizipation des Bremsverhaltens des vorausfahrenden Fahrzeugs. Jedoch auch insgesamt kommt es nach Ansicht von Verwey (1996a) zu keiner Adaptation des Verhaltens, d.h. es kommt nicht zu einem sicheren oder vorsichtigeren Fahren während der Bearbeitung von Zweitaufgaben. Dies ist in allen Bedingungen der Fall, einschließlich der akustischen, in der der Blick auf dem Verkehrsgeschehen ruhen kann und "lediglich" eine mentale Beanspruchung stattfindet.

Interessanterweise ergibt sich kein Unterschied zwischen der Sprach- und Karten-Bedingung, d.h. zwischen den primär visuellen und kognitiven Sekundäraufgaben, die als "moderate level[s] of driver workload and distraction" (Verwey, 1996a, S. 25) angesehen werden. Beide liegen wenn man die Kritikalität betrachtet jedoch höher als die Baseline.

Der Zusammenhang zwischen Blickverhalten und Spurabweichung bei der Bedienung eines simulierten Touch-Screen-Displays ist Gegenstand des Versuchs von Zwahlen et al. (1988). Hierfür fahren acht Probanden zwölf 270 m lange Streckenabschnitte auf einem stillgelegten Flughafengelände. Während der Radio- und Klimaanlage-Bedienhandlungen soll eine Geschwindigkeit von ca. 64 km/h (40 mph) eingehalten werden, so daß jeder Durchgang 15 sec. andauert. Variiert wird zum einen die Position des Touch-Screens (Bedingung: hohe Position

vs. niedrige Position) und zum anderen die Instruktion (Bedingung: Blick nach Außen während Bedienung gestattet vs. nicht gestattet).

Erhoben wird neben dem Blickverhalten, beobachtet durch einen Versuchsleiter im Fahrzeug, u.a. die Standardabweichung der Spurabweichung. Hierzu bedient man sich eines an der Mitte der hinteren Stoßstange angebrachten, tropfenden Farbkanisters. Gemessen wird alle 4.6 m die Differenz zwischen Längsachse des Fahrzeugs (Tropfen auf der Fahrbahn) und der Fahrbahnmitte.

Die fahrdynamischen Ergebnisse weisen auf keine einheitlichen Tendenzen hin. So zeigt weder die Instruktion noch die Position des Displays einen eindeutigen Einfluß auf die Standardabweichung der Spurabweichung. Auch bei den Blickdaten ergibt sich, keine Beeinträchtigung der Anzahl der Blicke auf die Straße in Abhängigkeit von der Position des Touch-Screens. Die durchschnittliche Anzahl der Blicke nach Außen, die während der Aufgabenerfüllung für die Aufgabe Radio benötigt werden, beträgt dabei MW = 2.79 für die obere und MW = 2.67 für die untere Position. Bei der Klimaanlage beträgt die Anzahl jeweils MW = 1.42 und MW = 1.46 respektive.

Interessanterweise zeigt sich vor dem Start der Zweitaufgabe, d.h. in dem Abschnitt wo auf die vorgegebene Geschwindigkeit beschleunigt wird, bereits eine Standardabweichung der lateralen Position von 18 bis 26 cm (7.2 - 10.4 Inches). Während der Radio- bzw. Klimabedienung steigt die Standardabweichung der lateralen Position auf einen durchschnittlichen Wert von 42.2 cm an.

Bei einer Straßenbreite von 3.66 m und einer Fahrzeugbreite von 1.82 m ergibt sich nach Zwahlen et al. (ebd.) damit während der Bearbeitung der Sekundäraufgabe eine Wahrscheinlichkeit eines Spurabkommens von 3 %. Bei einer engeren Straße (3.05 m) steigt die Wahrscheinlichkeit sogar auf 15 % die Spur zu verlassen, was nach Ansicht der Autoren „unacceptable from a driver safety point of view“ (S. 335) ist. Die Autoren schließen daraus, daß die verwendete Doppelaufgabe „visually demanding, if not dangerous task“ (S. 343) ist.

Bei einer alternativen Interpretation der Daten von Zwahlen et al. (1988) durch Bruckmayr et al. (1994) werden folgende Wahrscheinlichkeiten für das Abkommen von der Fahrbahn ermittelt (siehe Tabelle 4):

Tabelle 4: Lesedauer und zugehörige Wahrscheinlichkeiten von der Straße zu kommen, nach Bruckmayr et al. (1994, modifiziert)

<b>Lesedauer</b>	<b>Fahrbahnbreite: 3.66 m</b>	<b>Fahrbahnbreite: 3.05 m</b>
<b>2 sec.</b>	0.04 %	1.25 %
<b>4 sec.</b>	1.10 %	6.30 %
<b>6 sec.</b>	8.69 %	18.14 %

Bei der Studie von Olsson und Bums (2000) wird die Fähigkeit von Fahrern untersucht, auf ein peripheres Objekt (Peripheral Detection Task, PDT) während einer Zweitaufgabenbearbeitung zu reagieren. Nach Ansicht der Autoren sollte diese PDT-Methode Aufschluß geben sowohl über die Beanspruchung des Fahrers als auch den Grad der visuellen Ablenkung.

Schwerpunkt sind dabei weniger die fahrparametrischen Daten als die Qualität bei der Reaktion auf den peripheren Reiz, der durch rote LED's ausgelöst wird. Diese werden ca. 2°-4° oberhalb des Horizonts und 11°-23° links von der Geradeaus-Sicht eingeblendet. Es wird angenommen, daß die Reaktionszeit auf den peripheren Reiz zunimmt wenn die Fahraufgabe beanspruchender wird aber auch wenn eine Sekundäraufgabe visuelle Aufmerksamkeit benötigt. Hierzu durchfahren 13 Versuchspersonen Autobahn- und Landstraßen-Abschnitte (110 km/h und 90 km/h respektive). Die Sekundäraufgabe stellen Radio- und CD-Bedienhandlungen und Rückwärts-Zähl-Aufgaben dar. Gemessen wird u.a. die subjektive Beanspruchung und Leistung bei der PDT (Reaktionszeit und Trefferrate).

Die Ergebnisse zeigen, daß die verschiedenen Zweitaufgaben die Reaktionszeit bei der PDT beeinflussen. Die Streckenart hingegen hat keinen Einfluß auf dieses Maß.

Während bei der Baseline die Reaktionszeit auf den peripheren Reiz bei 606 msec. liegt, steigt sie bei der Bedienung des Radios und des CD-Spielers um weitere 108 msec. bzw. 47 msec., respektive. Die längste Reaktionszeit wird bei der Rückwärts-Zähl-Aufgabe während der Fahrt auf den Landstraßen-Abschnitten (962 msec, Tabelle 5) erzielt. Somit verlängert sich die Reaktionszeit bei den kognitiven Aufgaben um durchschnittlich 356 msec..

Tabelle 5: Durchschnittliche Reaktionszeit (Standardabweichung) bei PDT in Abhängigkeit von der Sekundäraufgabe (Olsson et al., 2000)

Streckenart	Baseline	Radio-Bedienung	Rückwärts-Zähl-Aufgabe	CD- Bedienung
<b>Autobahn</b>	643 (143) msec.	700 (165) msec.	812 (234) msec.	832 (288) msec.
<b>Landstraße</b>	606 (138) msec.	714 (190) msec.	962 (279) msec.	653 (209) msec.

Die Trefferrate bei der Rückwärts-Zähl-Aufgabe liegt bei den Landstraßen-Abschnitten auf dem selbem Niveau wie bei den restlichen Sekundäraufgaben. Dabei fällt die Trefferrate bei allen schlechter als bei der Baseline aus. Bei den Autobahn-Abschnitten tritt die beste Trefferrate bei der Baseline auf, gefolgt von der Radioaufgabe.

Interessanterweise werden bei beiden Baseline-Abschnitten nur vier der fünf Targets peripher entdeckt (Trefferrate Autobahn: 0.81, Landstraße: 0.83). Die schlechteste Trefferrate kommt bei den CD-Aufgaben vor, mit 40 % Trefferrate bei der Autobahn und 50 % bei der Landstraße. Somit liegen beide Trefferraten innerhalb des Bereichs oder unterhalb des Bereichs der Zufallswahrscheinlichkeit.

Insgesamt kann man feststellen, daß die Streckenabschnitte im allgemeinen keine Unterschiede verursachen. Die Ausnahme stellt die offensichtlich beanspruchenste Sekundärauf-

gabe, die Rückwärts-Zähl-Aufgabe, dar, bei der die Reaktionszeit bei den Landstraßen-Abschnitten länger als bei den Autobahn-Abschnitten ist. Demnach befinden sich die Kombinationen von Streckenabschnitten und Zweitaufgaben in verschiedenen Beanspruchungsbereichen (siehe Abbildung 3).

Auch wenn in den Ergebnissen der Studie keine Erkenntnisse zur Auswahl von sicherheitsrelevanten Maße aufgeführt werden, kann doch festgehalten werden, daß sich die Fähigkeit Objekte im peripheren Bereich (wie z.B. Fußgänger) zu erfassen bei der Bearbeitung von Sekundäraufgaben verschlechtert. Zudem ist weiterhin eine Verschlechterung der peripheren Entdeckungsleistung mit der Steigerung der Zweitaufgabenleistung zu erwarten.

### **2.4.3 Unfallstudien**

Während bislang das Augenmerk auf theoretische Überlegungen und auf Ergebnisse aus verschiedenen Experimenten gerichtet wurde, sollen hier Realsituationen betrachtet werden bei denen es durch Ablenkung zu Unfällen gekommen ist. Dabei interessieren nicht nur die ursächlichen Bedienaktionen, sondern auch der Unfallort (Verkehrssituation) und die Personenvariablen. Laut Sprenger (1997) schwanken dabei „die Schätzungen des Einflusses der Ablenkung durch Instrumente im Fahrzeug ... zwischen 1 % und ca. 8 %“. Ranney et al. (2000) schätzen die Anzahl der Unfälle, die durch Ablenkung in USA bei der Polizei gemeldet werden hingegen auf 25 %. Welche Umstände zu diesen Konstellationen führen sind jedoch weitestgehend unbekannt. Die Erkenntnisse der Rahmenbedingungen, d.h. der kritischen Interaktionen könnten helfen sicherheitssteigernde Maßnahmen zu definieren, um das Auftreten von weiteren Unfällen zu reduzieren oder gar zu vermeiden.

#### **2.4.3.1 Untersuchungen MMI-bedingter Unfälle**

In der deutschen Literatur der letzten 40 Jahre zeigt sich überraschenderweise nur eine geringe Anzahl an nachgewiesenen Zusammenhängen zwischen Ablenkung bzw. Abwendung durch Anzeige- und Bedienelementen in Fahrzeugen einerseits und Unfällen andererseits.

Eine Ursache liegt „in der nicht zugeordneten und auch somit nicht zu erfragenden und erhebenden Unfallursache durch Ablenkung“ (S. 1, Schneider & Sprenger, 1998a) bei den polizeilichen Unfallprotokollen. Auch die undifferenzierte Zuordnung der Ablenkung als Unfallursache (z.B. Undeutsch, 1962) hat nicht zu weiteren Erkenntnissen beigetragen. Aber auch die unzureichende Erfassung der Unfallursachen per EDV erschweren eine In-Depth-Unfallanalyse (Sprenger, 1997).

Eine der wenigen systematischen Untersuchungen von Unfallursachen stellen die Studie von Wierwille und Tijerina (1995, 1997) in USA und Schneider und Sprenger (1998b) in Deutschland dar.

### 2.4.3.2 Untersuchungen von Wierwille et al. (1995, 1997)

Ziel der Untersuchungen von Wierwille et al. (1995, 1997) ist die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen „der Verteilung visueller Aufmerksamkeit und Belastung des Fahrers innerhalb des Fahrzeugs auf die erfaßten Unfälle“ (S. 164; 1995). Hierzu werden die im U.S. Staat North Carolina EDV registrierten Unfallbeschreibungen aus dem Jahre 1989 und aus dem ersten Quartal des Jahres 1992 betrachtet. Nach der Suche anhand von Schlüsselwörtern, sowie der Sichtung und anschließenden Kategorisierung der Ergebnisse können von den insgesamt 189464 vollständig aufgeführten Unfallberichten aus dem Jahre 1989 insgesamt 2816 relevante Nennungen extrahiert werden. Die hauptsächlichen Unfallursachen sind dabei:

- 1562 Unfälle bedingt durch visuelle Aufmerksamkeit im Fahrzeug (z.B. „Fahrer stellte sein Radio ein und achtete nicht auf das vor ihm fahrende Auto“)
- 661 Unfälle bedingt durch Aufmerksamkeit außerhalb des Fahrzeugs (z.B. „Fahrer suchte nach einer Hausnummer als er auf das parkende Fahrzeug auffuhr“)
- 593 Unfälle bedingt durch unspezifische visuelle Aufmerksamkeitslenkung (z.B. „Fahrer schaute für einen Moment weg, übersah dabei die Rotlicht zeigende Ampel und kollidierte mit einem Fahrzeug, das bei grün in die Kreuzung eingefahren war“)

In der Kategorie ‘Ursache innerhalb des Fahrzeugs’ wird u.a. die Unterkategorie ‘Armaturenbrett, Lenkrad, Bedienelement’ mit 203 Nennungen aufgeführt, was 0.11 % (203 von 189464) der Gesamtanzahl der Unfälle im Jahre 1989 entspricht. Die genauen Nennungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Unfallursache in der Unterkategorie “Armaturenbrett, Lenkrad, Bedienelement” für das Jahr 1989 und 1992 (Wierwille et al., 1995, 1997, modifiziert)

Kategorie	Anzahl der Nennungen im Jahre 1989	Anzahl der Nennungen im Jahre 1992 <sup>2</sup>
Standard Radio (normales Radio)	104	111
Instrumentierung	25	-
Schalthebel	17	-
HVAC (Heizung, Lüftung, Klimaanlage)	15	-
Scheibenwischer, Scheibenwaschanlage	12	-
Telefon	15	27
Two-way Radio (Radio mit CB-Funk)	8	3
Pedalerie und Fußboden	7	-
Verschiedene bzw. nicht näher bezeichnete Ursachen	4	-
<b>Gesamt</b>	<b>203</b>	<b>141</b>

<sup>2</sup> Hochrechnung, sofern als Kategorie in Literatur vorhanden

Wie ersichtlich ist stellt das konventionelle Radio mit mehr als der Hälfte der Nennungen die höchste Unfallanzahl sowohl im Jahre 1989 als auch 1992 dar.

In einer weiteren Studie von Wierwille et al. (1997) wird versucht die Unfallrate mit der „visuellen Beanspruchung“ in Beziehung zu setzen. Damit soll ein Prädiktionsmodell aufgestellt werden, welches bei Berücksichtigung der Nutzungsparameter, d.h. Blickdauer, Blickhäufigkeit und Gebrauchshäufigkeit, die Risikoexposition, d.h. „das Ausmaß bzw. die Bedeutung eines riskanten Verhaltens“ (S. 68) ermitteln läßt. Mit den Worten von Wierwille et al. (1997) wird versucht den „...Zusammenhang zwischen Unfällen und Anforderungen an den Fahrer im Fahrzeuginneren fest- bzw. herzustellen“ (S. 67).

Hierzu wird u.a. die Gebrauchshäufigkeit geschätzt. Die Grundlage dafür bilden Literaturquellen von Bhise et al. (1986), Woodson et al. (1969) und Daten einer Fragebogenstudie von Anacapa Sciences (1976). Des weiteren werden Quellen zur Erfassung von Blickdauer und -häufigkeit herangezogen (Rockwell, 1988; Bhise et al., 1986; Dingus et al., 1989), um das „Ausmaß“ der visuellen Beanspruchung (S. 69) zu ermitteln. Anlehnend an Wierwille (1992) definieren die Autoren die visuelle Beanspruchung basierend auf den Parametern „durchschnittliche, einmalige Blickdauer und die durchschnittliche Blickhäufigkeit, die zur Bedienung der Geräte im Fahrzeug erforderlich sind“ (S. 70). Nach Anpassung der verschiedenen Quellen und Schätzung von fehlenden Größen wird die Risikoexposition berechnet als Produkt aus der durchschnittlichen einmaligen Blickdauer, der durchschnittlichen Blickhäufigkeit und der Gebrauchshäufigkeit (Typ 1 Risikoexposition). „Diese Risikoexposition stellt die Gesamtzeit dar, in der die Augen des Fahrers auf das Gerät im Fahrzeug gerichtet sind, beispielsweise pro Woche (während das Fahrzeug in Bewegung ist)“ (S. 71).

Da jedoch hierbei das Risiko lediglich linear mit der Blickdauer ansteigt (doppelt so langer Blick würde doppeltes Risiko bedeuten) wird bei Typ 2 Risikoexposition (Gleichung 1) der Einfluß der einmaligen Blickdauer höher gewichtet.

$$\text{Typ 2 Risikoexposition} = \left( \begin{array}{c} \text{durchschnittl.} \\ \text{einmalige} \\ \text{Blickdauer} \end{array} \right)^{3/2} \times \left( \begin{array}{c} \text{durchschnittl.} \\ \text{Blickhäufig-} \\ \text{keit} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} \text{Gebrauchs-} \\ \text{häufig-} \\ \text{keit} \end{array} \right)$$

Gleichung 1: Risikoexposition Typ 2 (Wierwille et al. 1997)

Die Daten aus den Unfallanalysen die bereits vorgestellt wurden und die der resultierenden Risikoexposition bringen eine hohe Übereinstimmung. Sowohl bei der Risikoexposition Typ 1 als auch bei der des Typs 2 zeigt sich eine signifikante Korrelation von  $R = 0.982$  und eine signifikante Steigung der Regressionsgeraden. Die Autoren schließen daraus, „daß die Dauer und die Häufigkeit visueller Aufmerksamkeit bezüglich der Geräte im Fahrzeuginneren direkt sicherheitsrelevant sind“ (S. 72).

Folgt man der Formel für die Risikoexposition Typ 2 und einer Regressionssteigung von 0.375 so ergibt sich beispielsweise für die Benutzung einer Straßenkarte eine geschätzte Unfallhäu-



figkeit von 4, für das normale Radio 97, beim Spiegel eine Häufigkeit von 94 (Schneider et al., 1998b). Trotz der hohen Übereinstimmung der berechneten und der tatsächlichen Unfalldaten, erscheinen diese Werte jedoch unwahrscheinlich. Vielmehr müßte die Position der verschiedenen Systeme berücksichtigt werden, die bedient oder betrachtet werden. Dies wird für das Tachometer indirekt berücksichtigt, indem es aufgrund seiner Sonderstellung, d.h. der Häufigkeit der Blicke und der sehr guten Position, nicht bei der Regressionsanalyse berücksichtigt wird. Auch bei anderen Systemen kann die Verkehrssicherheit je nach deren Positionierung beeinträchtigt werden. So kann die Position bei gleichem Bedienverhalten, d.h. bei gleicher Blickdauer und -häufigkeit, maßgeblich sein für das Unfallrisiko, des jeweiligen Geräts. Das periphere Sehen kann daher nicht vernachlässigt werden.

Sowohl die Modellierung des Unfallrisikos als auch die Erhebung von Unfalldaten scheinen daher nicht den Reifegrad zu besitzen, um auf deren Basis Vorhersagen treffen zu können. Zum gleichen Schluß kommen auch Ranney et al. (2000), die nach umfangreichen Studien bislang keine Möglichkeit sehen ein quantitatives Modell zur Unfallvorhersage als Funktion von Workload-Maßen aufzustellen. Dies liegt u.a. an „complexity and multiplicity of factors involved in determining driver workload and crash causation and the limitation of existing crash data bases with respect to identifying crashes that were caused by driver distraction associated with in-vehicle technologies“ (ebd. S. 4). Ihre Schlußfolgerung ist damit “because of these difficulties, ... workload assessment is best considered as a relative assessment made in comparison to other tasks or baselines” (ebd. S. 4). Das experimentelle Vorgehen ist daher dem post-hoc deskriptiven Verfahren (noch) vorzuziehen.

#### **2.4.3.3 Unfallstudien in Deutschland**

Um die große Streubreite von Unfällen die auf MMI's zurückzuführen sind zu untersuchen (1-8 % der Unfälle nach Sprenger (1998) bzw. 25 % nach Ranney et al. (2000)), wurden innerhalb des MoTIV Arbeitskreises zwei Studien von Schneider et al. (1998b) durchgeführt. Aber auch zeitgemäße Daten aus Deutschland von Unfällen mit Fahrzeugen, die mit neuen Informations- und Kommunikationssystemen ausgestattet sind sollten ermittelt werden.

In der ersten Studie sind Leser verschiedener Zeitungen aufgefordert worden über Unfälle und gefährliche Situationen, die sie in den letzten 14 Tagen erlebt haben zu berichten. Diese Erhebung fand 1997 im April in Lüneburg (ca. 70.000 Einwohner), im Juli in Hamburg (ca. 2.000.000 Einwohner) und im September in Magdeburg (250.000 Einwohner) statt.

Insgesamt konnten lediglich 25 Anrufe aus Lüneburg und Hamburg untersucht werden. Die Anzeige in Magdeburg erbrachte keine verwertbaren Angaben.

Tabelle 7 stellt alle gemeldeten Unfälle und Beinaheunfälle dar, die durch den Blick in das Fahrzeuginnere bedingt sind.

Tabelle 7: Unfallursache nach Schneider et al. (1998b)

<b>Ausschlaggebende Beinaheunfall- bzw. Unfallursache: Aktion</b>	<b>Ort/Situation</b>
Beinaheunfall durch Wählen einer Telefonnummer. Vorfahrendes Fahrzeug zu spät bemerkt	Bekannte, gerade Autobahn
Auffahren auf Auto bei einer Kreuzung während eine Kassette gewechselt wurde	Bekannte innerstädtische Straße
Auffahren auf Auto während eine Kassette aus Handschubfach genommen wurde: Bremsen des Vorfahrenden zu spät bemerkt	Bekannte innerstädtische Straße
Beinaheunfall durch Einstellen des Radios: Abstand zum Vorfahrenden nach Einfädeln zu gering	Bekannte innerstädtische Straße
Beinaheunfall durch Blick in den Rückspiegel: Bremsen des Vorfahrenden zu spät bemerkt	Bekannte Landstraße
Beinaheunfall durch Entgegennehmen eines Telefongesprächs mit Freisprecheinrichtung	Unbekannte Landstraße
Beinaheunfall durch Einstellen des Radios und der Klimaanlage: Rotlicht an der Ampel und anfährende Fahrzeuge zu spät bemerkt	Bekannte innerstädtische Straße
Beinaheunfall durch Telefonieren eines anderen Verkehrsteilnehmers: Spurwechsel ohne zu blinken und zu blicken von rechter auf linke Spur: Vollbremsung	Bekannte Autobahn
Unfall durch Telefonieren eines anderen Verkehrsteilnehmers: Auffahrt auf Fahrzeug ohne Geschwindigkeit zu vermindern	Bekannte Autobahn
Unfall durch Telefonieren eines anderen Verkehrsteilnehmers: ohne zu blinken und zu blicken Spurwechsel	Bekannte Autobahn

Auch wenn die Gesamtunfallzahlen in den jeweiligen Orten für das ganze Jahr nicht vorliegen, so ist die gemeldete Anzahl der Reaktionen wohl trotzdem geringer als erwartet. Dies mag zum einem am verwendeten Abfrage-Medium liegen, dem Problem der Schuldzuweisung, aber auch daran, daß sich die Leser an die kritischen Ereignisse d.h. im Falle eines Beinaheunfalls, nicht mehr erinnern. Um Vergessenseffekte ausschließen zu können, begleiteten die Autoren in der zweiten Studie der Polizei zum Unfallort. Diese Feldstudie wurde in den Monaten August bis Oktober 1997 in Magdeburg durchgeführt.

Nach Einwilligung der Unfallbeteiligten werden sie in einem halbstrukturierten Interview zum Unfallhergang befragt. Dabei interessieren hauptsächlich die letzten 30 sec. vor dem Unfall. Durch den Interviewer werden im Anschluß die psychischen Komponenten, die sich auf das Unfallgeschehen ausgewirkt haben, eingeschätzt und bewertet. Hierfür werden die in Tabelle 8 dargestellte Kategorien verwendet.

Tabelle 8: Beschreibung der Kategorien der Unfallursache nach Schneider et al. (1998b)

Kategorie	Beschreibung
Fehlerhafte Antizipation	Unzutreffende Erwartung betreffend des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, die vorher bewußt beobachtet wurden
Falsche Einschätzung der Situation (kognitiv)	Ein oder mehrere Verkehrsteilnehmer verhalten sich anders als erwartet. Im Gegensatz zur fehlenden Antizipation wurden die Verkehrsteilnehmer nicht bewußt beobachtet
Mangelnde Übersicht über Verkehrssituation (visuell)	Unzureichende visuelle Überwachung des Verkehrsraums, einen oder mehrere Verkehrsteilnehmer nicht visuell wahrgenommen
Falsche räumliche Abschätzung	Beim Fahren die Abmessungen des Fahrzeugs falsch eingeschätzt und dadurch mit anderen Fahrzeugen oder Objekten kollidiert
Sichtbehinderung	Durch Blendung oder mögliche (vermutete) mangelnde Sehschärfe
Interne Ablenkung	Ablenkung durch Aufmerksamkeitslenkung auf andere Inhalte als dem Fahren: Gespräch mit Beifahrer, Nachdenken über zukünftige oder vergangene Ereignisse
Externe Ablenkung oder Abwendung	Die Aufmerksamkeit war auf andere Objekte im Verkehrsraum gerichtet: Beobachtung anderer Verkehrsteilnehmer, Schilder, Ampeln etc.
Interaktion mit Bedienelementen	Abrutschen, Verhaken oder Vertauschen bei der Benutzung von Bedienelementen, meist Pedale
Blick im Innenraum	Blickabwendung vom Verkehr in den Innenraum
Eile	Eile oder Ungeduld, auch situativ, z.B. durch sich bildende Schlangen von Fahrzeugen beim Einparken
Spontane/ überhasstete Reaktion	Kurzfristiges Handeln ohne sonst übliche Situationsbewertung
Übermüdung	Vigilanz herabgesetzt
Initialfehler	Falsche Reaktion, obwohl die richtige bekannt war
Mangelnde Fahrerfahrung	Typische Anfängerfehler: Befahren einer Kreuzung auch ohne ausreichende Sicht, Überforderung in komplexen Situationen
Technischer Defekt	Defekt am Fahrzeug, meist Bremsanlage
Missing Value	Fehlender Wert

Aus den insgesamt 116 Unfällen, die aufgenommen werden, bilden die Kategorien „fehlende Antizipation“, „Eile/Ungeduld“, „externe Ablenkung oder Abwendung“ und „interne Ablenkung“ die Hauptunfallursachen (siehe Abbildung 5).

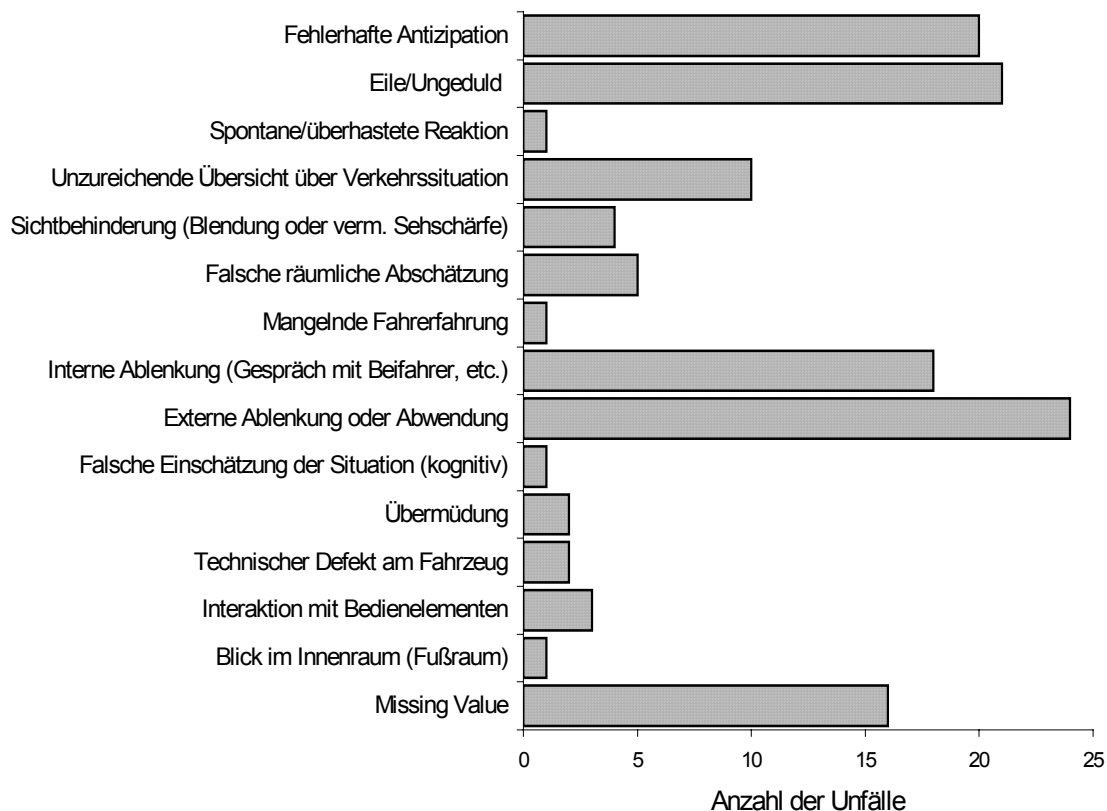


Abbildung 5: Mögliche Unfallursache mit größtem Einfluß (Sprenger, 1997)

Auch hier ist ersichtlich, daß nur eine sehr geringe Anzahl an Unfällen in dieser Studie aufgenommen worden sind, deren Ursache im Zusammenhang mit MMI steht. Insgesamt ergeben sich im weitesten Sinne nur vier Fälle die mehr oder weniger im Zusammenhang mit einer Interaktion mit Bedienelementen oder Systemen im Fahrzeug stehen.

Im ersten Fall kommt es zu einer Kollision mit einem entgegenkommenden Fahrzeug in einer Rechtskurve. Der Fahrer wird dabei beim telefonieren beobachtet. Da er alkoholisiert ist, kann allerdings die Unfallursache nicht klar identifiziert werden. Der zweite Fall wird geschildert als: „Ein Fahrer sieht ein anderes Fahrzeug ausparkend auf sich zukommen, sucht und findet die Hupe nicht anstatt Ausweichmanöver durchzuführen“ (Sprenger, 1997). Beim dritten Fall fährt ein Fahrer an einer Ampel auf ein stehendes Fahrzeug auf, da sich nach Angaben des Fahrers sein Schuh am Bremspedal verhakte und dadurch Gas gegeben worden ist. Auch beim vierten Fall kommt es zu einem Auffahrunfall, bedingt durch das Abrutschen vom Bremspedal während eines Gesprächs mit der Beifahrerin.

Es werden zusätzlich zwei Unfälle aufgenommen, die durch die Lenkung der Blicke in den Innenraum bedingt sind. Der erste wird durch einen Blick auf einen Hund im Fußraum verursacht. Beim zweiten wird der Blick auf die heruntergefallene Tasche gelenkt, die die Fahrerin aufheben will.

Zusammenfassend kann für die beide Studien von Schneider et al. (1998b) gesagt werden, daß keine Einflußgrößen für kritische Interaktionen zwischen Mensch, Umwelt, Anzeige- und

Bedienkonzepten ausgemacht werden können. Auch in einer Studie von Violanti (1998) kann nur ein schwacher Zusammenhang zwischen Unfällen und Telefonieren hergestellt werden. So können innerhalb der Jahre 1992-1995 im Staat Oklahoma, USA "lediglich" fünf von 1548 tödlich verlaufenden Unfälle auf die Benutzung des Telefons zurückgeführt werden, was einem Prozentsatz von 0.3 % entspricht.

Es ist jedoch anzunehmen, daß die Gefahr viel höher einzuschätzen ist, als es die Zahlen hier vermuten lassen. Offensichtlich sind solche Ereignisse schwer zu erfassen. Das Problem kann, wie schon angesprochen, daher rühren, daß von Seiten der Beteiligten auch rechtliche Probleme damit verbunden wären, wenn die Unfallbeteiligten angeben würden, durch ein MMI abgelenkt worden zu sein. So würde eine solche Angabe einem (Teil-) Schuldbekenntnis entsprechen. Für die deutschen Daten kann weiterhin die geringe "Unfallstichprobe" als mögliche Ursache für die unzureichenden Ergebnisse in Frage kommen.

Somit kann aufgrund der Unfalldaten lediglich geschlossen werden, daß die Anzahl MMI-bedingten Unfälle ansteigt. Jedoch kann bislang keine Systematik aus den Daten gezogen werden, die Aufschluß über kritischen Konstellationen geben könnte.

## 2.5 Fahren als hierarchisches Modell

Bei der Betrachtung der Fahraufgabe hat sich das hierarchische Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführungsaufgabe (u.a. Janssen, 1979, Johannsen, 1990, 1993) bewährt. Darin wird die Verhaltenskontrolle unterteilt in Kontroll- (control level), Manövrier- (manoeuvring level) und Strategiebene (strategical level). Mit diesen Ebenen sind unterschiedliche Anforderungen an die Fahraufgabe verbunden (siehe Abbildung 6). Allgemein betrachtet gibt die übergeordnete Ebene jeweils die Sollwerte für die jeweils untergeordnete Ebene vor.

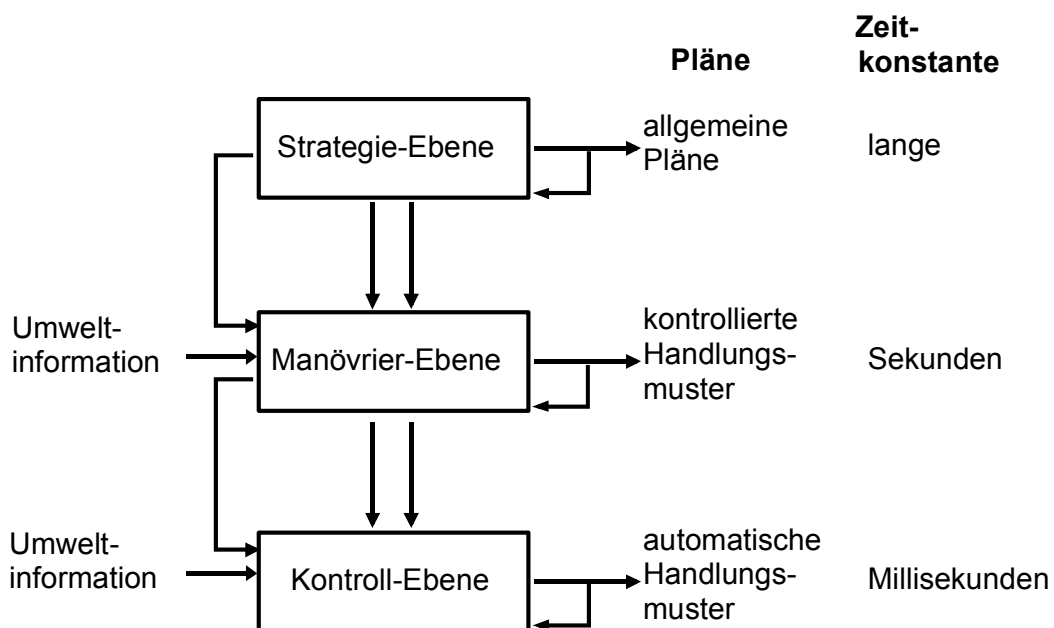


Abbildung 6: Modell des Fahrverhaltens als hierarchische Verhaltenskontrolle nach Janssen (1979, modifiziert)

Auf der untersten Ebene, der Kontroll-Ebene, sind die automatisierten bzw. routinierten Handlungen angesiedelt, wie etwa das Spurhalten oder das Einhalten der Geschwindigkeit.

Die visuelle Aufmerksamkeit spielt hierbei eine wichtige Rolle, da beispielsweise der Straßenverlauf beobachtet werden muß, um die Hand-Augen-Koordination bei der Spurhaltung durchführen zu können. Nach dem MRM (Wickens, 1984) und nach der Meinung von Verwey (1996c) sollten visuelle und manuelle Zusatzaufgaben hier zu Fahrverschlechterungen führen. Dagegen sollten mentale (kognitive) Belastungen keinen Einfluß die Leistung auf dieser Ebene haben. Im Zusammenhang mit den Anforderungen dieser Ebenen beschreibt Verwey, (1996c) "reduced performance of control tasks may lead to single vehicles accidents, that is, leaving the lane" (S.9).

Die Ziele auf der Kontrollebene werden auf der nächst höheren (mittleren) Ebene, der Manövrier-Ebene in Form von z.B. der Sollgeschwindigkeit festgelegt. Störungen, induziert durch beispielsweise mental beanspruchende Zweitaufgaben, machen sich bei Situationen bemerkbar, die sehr stark von der Umwelt bestimmt werden. Dies sind u.a. Abbiegesituationen oder Situationen, bei denen Vorfahrt gewährt werden muß. Aufgaben auf dieser Ebene benötigen mehr Aufmerksamkeit da sie explizite Entscheidungen beinhalten. Die Beeinträchtigung durch die Sekundäraufgabe verstärkt sich wenn diese zu bestimmten Zeitpunkten die Aufmerksamkeit fordert ("system paced tasks", Verwey, 1996c). Als Resultat einer Beeinträchtigung auf diesen Ebenen sieht Verwey „when maneuver level tasks like intersection negotiation and turning are affected, collisions with other traffic participants may result. Maneuver level tasks usually require more attention due to the need for explicit decision making and are therefore relatively vulnerable to the mental workload associated with an IVIS. Furthermore, these decisions have to be made at moments that are not under direct driver control. This makes maneuver level tasks sensitive" (1996c, S. 9).

Die mittlere Ebene wird wiederum bestimmt von der nächst höheren Strategie-Ebene in der eine Route zur Erreichung des Zielorts ausgewählt wird.

Allgemein gilt, daß durch Wiederholungen (Übung) Prozesse von einer höheren auf eine niedrigere Ebene z.B. von der Manövrier- auf die Kontrollebene übergehen können (Debus et al., 1991). Am stärksten macht sich dies bemerkbar wenn man Fahrschüler betrachtet, die beispielsweise mit zunehmender Routine weniger Ressourcen für die Spurhaltung benötigen.

Die verschiedenen Ebenen beeinflussen sich gegenseitig und Veränderungen in einer Ebene wirken sich auf die anderen Ebenen aus. Wählt man beispielsweise anstelle einer Stadt- eine Autobahnroute, wirkt sich das auf die Abbiegemanöver (Manövierebene) und auf der untersten Ebene im eingehaltenen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug aus.

Die zeitlichen Anforderungen sind ebenfalls auf den verschiedenen Ebenen unterschiedlich (siehe Abbildung 6).

Eine Übersicht über die verschiedenen Handlungen auf den entsprechenden Ebenen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Ebenen der Fahrtätigkeit und deren Funktionen nach Bartmann (1995)

<b>Ebene</b>	<b>Beispiele für Handlungen</b>
<b>Kontroll-Ebene</b>	Spurhalten, Sollgeschwindigkeit einhalten, routinierte Ausführungen standardisierter Handlungen beim Überholen oder Abbiegen etc.
<b>Manövrier-Ebene</b>	Überholen, Entscheidungen kurz vor Ampel, Suche nach Hinweisreizen, Wahl der Geschwindigkeit etc.
<b>Strategie-Ebene</b>	Festlegung von Fahrtrouten, Festlegung von Kriterien wie Zeitdruck, Risikoverhalten, Ökonomie etc.

Betrachtet man das Modell der menschliche Informationsverarbeitung, das von Rasmussen (1983) vorgestellt wurde, so zeigen sich Parallelen zum Konzept der hierarchischen Verhaltenskontrolle beim Fahren. Auch hier wird angenommen, daß auf den verschiedenen Ebenen unterschiedliche kognitive Prozesse ablaufen und damit auch qualitative Unterschiede in den verwendeten Ressourcen zur Erfüllung entsprechender Aufgaben. Rasmussen (1983) unterscheidet dabei die fertigkeitsbasierte (skill-based), regelbasierte (rule-based) und wissensbasierte (knowledge-based) Ebene. Auf der untersten Ebene laufen automatisierte Prozesse nach bereits gespeicherten Mustern ab. Fehler auf dieser Ebene, sogenannte skill-based slips (SB) beziehen sich auf das Abweichen des Verhaltens von der ursprünglichen Absicht, was auf einen Ausführungsfehler oder falsche Speicherung von „patterns of preprogrammed instruction“ (Reason, 1990, S. 43) zurückzuführen ist.

Die mittlere Ebene kommt zum Einsatz wenn es sich um die Lösung von bekannten Problem handelt, sofern dafür „wenn-dann“ Regeln vorhanden sind. Die Fehler (rule-based mistakes, RB), die hier auftreten können basieren auf Mißinterpretationen der Situation, was die Anwendung falscher Regel(n) zur Folge hat. Alternativ kann auch an falsche Prozeduren erinnert werden, was ebenfalls zu fehlerhaftem Verhalten führt.

Die oberste Ebene ist in neuen Situationen relevant. Hier müssen neue Verhaltensweisen durch bewußte analytische Prozesse generiert werden. Es gibt dabei keine vorgefertigten Regeln. Beschränkungen der Ressourcen aber auch unvollständiges oder falsches Wissen verursachen hier die Fehler (knowledge-based mistakes, KB).

Zusammenfassend kann für die Fehlerarten festgehalten werden, daß die Voraussetzung für ein slip die „presence of attentional ‘capture’ associated with either distraction or preoccupation“ (Reason, 1979, 1984, zitiert nach Reason, 1990) ist. Die Aufmerksamkeit ist somit nicht auf die auszuführende Tätigkeit gerichtet. Im Falle der RB und KB kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die Aufmerksamkeit bei der Aufgabe bzw. dem Problem vorhanden ist.

In der nachfolgenden Tabelle sind Fehler dargestellt, die in den verschiedenen Ebenen beim Autofahren auftreten können:

Tabelle 10: Handlungsfehler auf verschiedenen Verhaltensebenen beim Autofahren

Ebene	Fehler
<b>Skill-based-behavior</b> (Aufmerksamkeitsfehler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedingt durch Ablenkung oder Beschäftigung nicht bemerken, daß vorausfahrendes Fahrzeug verlangsamt. Dadurch Auffahrgefahr, die nur durch starkes Bremsen vermieden werden kann<sup>a</sup></li> <li>- Ausfahrt verpassen<sup>a</sup></li> <li>- Mangelndes Sichern: Vergessen in Innen-, Seitenspiegel zu schauen bzw. Schulterblick beim Überholen, dadurch Auto im Überholvorgang übersehen<sup>a</sup></li> <li>- Beim Rechtsabbiegen [im englischen (UK) Original: Linksabbiegen] fast Kollision mit vorausfahrendem Fahrzeug, da dem Kreuzungsverkehr mehr Aufmerksamkeit gewidmet wurde als dem vorausfahrenden Fahrzeug<sup>a</sup></li> <li>- Fehleinschätzung der Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeuges beim Überholen<sup>a</sup></li> <li>- Zu spätes Erkennen eines Fußgängers, der hinter einem Bus bzw. Fahrzeug hervortritt<sup>a</sup></li> <li>- Kein Sichern beim Herausfahren, Spurwechsel, Abbiegen etc.<sup>a</sup></li> <li>- Blinken vergessen, zu früh oder zu spät den Blinker betätigt<sup>a</sup></li> <li>- Kurven „schneiden“ beim Abbiegen<sup>b</sup></li> <li>- zu kleine Längs- und Seitenabstände<sup>c</sup></li> <li>- Spurhaltefehler<sup>b</sup></li> </ul>
<b>Rule-based-behavior</b> (Fehleinschätzung der Situation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wahl einer unangepaßten Geschwindigkeit (zu schnell, zu langsam)<sup>b</sup></li> <li>- Schlechte Antizipation des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer<sup>b</sup></li> <li>- Zu früher/ zu später Spurwechsel bei einem Hindernis<sup>b</sup></li> <li>- Stures Hinterherfahren<sup>b</sup></li> <li>- Fehlerhafte Reaktion bei Baustellen, Engstellen, Hindernissen<sup>b</sup></li> <li>- Ohne erkennbaren Grund auf linker Spur verharren</li> <li>- Ungenügende Gefahrenerkennung<sup>b</sup></li> </ul>
<b>Knowledge-based-behavior</b> (Problemlösefehler)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nicht-Beachten von Verkehrszeichen, die der Navigation dienen<sup>b</sup></li> <li>- Falsche Richtungswahl<sup>b</sup></li> </ul>

Nach Ansicht von Reason et al. (1990) sind „driver errors [of] special interest because of their likely contribution to road accidents“ (S. 1316). Wie jedoch im vorherigen Kapitel zu Unfallstudien beschrieben wird, sind die vorliegenden Daten nicht hilfreich um den Zusammenhang zwischen Fehlern und Unfallursache eindeutig herzustellen. Bei experimentellen Situationen lassen sich jedoch Fehler, die während der Fahrt auftreten, durch Verhaltensbeobachtungen erfassen.

Was die Bedingungen für das Auftreten der Fehler betrifft, so hängen diese mit den Verarbeitungsgrenzen („Beanspruchungsgrenzen“ bei Fastenmeier, 1995) des Fahrers zusammen. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, daß es unmittelbar bei Erreichen eines kritischen Bereichs zu gefährlichen Situationen kommt (siehe auch De Waard, 1996). Nach Ansicht von Gstalter

<sup>a</sup> Reason et al. (1990)

<sup>b</sup> Fastenmeier (1995)

<sup>c</sup> Gstalter et al. (1998)



et al. (1998) liegt das darin, „daß sich zunächst Leistungsverlechterungen vor allem auf der Navigationsebene manifestieren, wo sie nicht so sicherheitskritisch sind als auf der Manövrier- und Stabilisierungsebene ...“ (S. 32). Die Autoren nehmen an, daß die Prioritätenliste der Fahraufgaben sich zunächst nicht ändert. Diese sieht vor, daß bei normalen Fahrbedingungen die Informationen zur Gewährleistung der Aufgabenerfüllung auf der Stabilisierungsebene die höchste Priorität haben. Mittlere Priorität haben hingegen Informationen die relevant auf der Bahnführungs- sind und niedrigste die sich auf der Navigationsebene befinden (Rumar, 1986). Auch wenn es vielversprechende Ergebnisse (Verwey & Janssen, 1988) gibt die angeben, daß Fahrer „immer in der Lage sind, die im Sinne der Sicherheit weniger wichtigen Fahraufgaben zu ignorieren und so Verkehrssituationen trotz Überbeanspruchung sicher zu bewältigen“ (Fastenmeier, S. 83, 1995), ist im Falle einer längeren Überschreitung der Kapazitätsgrenze aber nicht mehr damit zu rechnen. Vielmehr müßten dann Fehler auf der Manövrier- und Kontrollebene vermehrt auftreten (Gstalter et al., 1998).

## 2.6 Streckengenerierung

Betrachtet man die Vielzahl von Studien die Interaktionen mit verschiedenen MMI's untersuchen, so fällt auf, daß den Eigenschaften der verwendeten Versuchsstrecken eher wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird. Die verwendeten Strecken variieren bei Feldversuchen von ungenutzten Flughafengeländen (Zwahlen et al. 1988) bis hin zu Stadt- und Autobahn-Abschnitten (Becker et al. 1995). Es muß jedoch bei den verschiedenen Streckenarten bzw. -abschnitten von unterschiedlichen visuellen (z.B. Stadt vs. Landstraße), motorischen (z.B. gerade Strecke vs. kurvige Strecke) und kognitiven (z.B. Vorfahrt gewähren bei Kreuzung vs. freie Autobahnfahrt) Anforderungen an die Fahrer ausgegangen werden. Zusätzlich beeinträchtigt die Strecke auch die Möglichkeiten und Arten der Kompensationsmechanismen die dem Fahrer bei einer erlebten Beanspruchung zur Verfügung stehen. Die Vergleichbarkeit und die Übertragbarkeit der Ergebnisse können demzufolge von der gewählten Strecke abhängen.

Es sollte daher ein kontrolliertes Vorgehen bei der Streckengenerierung in Betracht gezogen werden. Welche Vorteile bringt dieses mit sich?

Nach Gstalter und Fastenmeier (1996) erlaubt dies „vergleichbare Situationseinheiten festzulegen, in denen sicherheitsabträgliche Effekte erwartet werden können, als auch eine Beschreibung dieser Situationen mit Ihren Merkmalen ...“ (S. 7). Somit können Situationen für jeweilige Fragestellungen zusammengesetzt werden. Zusätzlich erlaubt dieses methodische Vorgehen die Zusammenfassung von verschiedenen Situationsgruppen für die Analyse der Daten und Darstellung der Ergebnisse.

Eine solche systematische Betrachtung der Situation und die daraus resultierenden Anforderungen wird durch die Verkehrstaxonomie von Fastenmeier (z.B. 1995) ermöglicht. Im folgen-

den sollen die für die vorliegende Arbeit relevanten Merkmale betrachtet werden die zur Auswahl von ablenkungskritischen Situationen dienen.

Eine ausführliche Diskussion zur Generierung von ablenkungskritischen Situationen ist u.a. bei Gstalter et al. (1998) zu finden.

### **2.6.1 Merkmale zur Auswahl ablenkungskritischer Situationen**

Nach Gstalter et al. (1998) sind sechs Merkmale bei der Auswahl von ablenkungskritischen Situationen relevant: Aufgabenkomplexität, Notwendigkeit visueller Kontrolle, Kompensationsstrategien bzw. Kontrollmöglichkeiten, typische Fehler, zeitkritische Aufgaben und die Notwendigkeit unmittelbarer Reaktionen.

Das erste Merkmal, die Aufgabenkomplexität gibt die Schwierigkeit einer Situation wieder. Sie setzt sich aus dem Ausmaß an Informationsverarbeitung und der notwendigen Fahrzeugbedienung zusammen. Allgemein kann gesagt werden, daß mit Anstieg der Aufgabenkomplexität auch die Ablenkungskritikalität zunimmt. Genauer gesagt kann nach Ansicht von Gstalter et al. (ebd.) angenommen werden, daß „tendenziell ... komplexe Situationen ablenkungskritischer als einfache [gelten], weil sie eher zu hohen mentalen Beanspruchungen beim Fahrer führen und unter diesen Bedingungen die selektive Aufmerksamkeit weniger effektiv gesteuert wird“ (S. 67). Eine niedrigere Aufgabenkomplexität wird bei der Fahrt auf der Autobahn angenommen. Die innerstädtische Fahrt gilt hingegen als die komplexeste. Basis für die Festlegung der Aufgabenkomplexität innerhalb der Fahraufgabe stellt die modifizierte Version des Fragebogens für Arbeitsanalyse von Freiling und Hoyos (FAA, 1978) dar. Die genaue Festlegung einer Komplexität ist bei Fastenmeier (1995) beschrieben. Der Index der Aufgabenkomplexität ist als relativer Wert zu verstehen, der im Vergleich angibt welche der betrachteten Situationen fordernder bezüglich der Informationsverarbeitung oder der Fahrzeugbedienung sind. Nach Ansicht der Autoren sind die wesentlichen Bestimmungsmerkmale für die Aufgabenkomplexität der Verkehrssituationen das Vorhandensein von Kreuzungen, die Art der Knotenpunktregelung, die „Länge“ der Situation, die Verkehrsdichte sowie die Sicht- und Wetterbedingungen. Tabelle 11 zeigt die Beanspruchungsregionen für drei Fahrergruppen und verschiedenen komplexe Fahraufgaben, sowie mit als auch ohne Zusatzbelastung durch MMI. Die verwendeten Beanspruchungsregionen beziehen sich auf die Aufteilung von De Waard (1996, siehe Kapitel 2.3). Nach dem vorher Erläuterten sind die Bereiche A3 und B relevant und hier grau unterlegt.

Tabelle 11: Beanspruchungsregionen nach Fahrergruppen und Situationskomplexität bei Erfüllung der Fahraufgabe mit und ohne Zusatzbelastung durch MMI (Gstalter et al., 1998, modifiziert)

<b>Ohne Zusatzbelastung</b>	<b>Situationskomplexität</b>		
<b>Fahrergruppen</b>	<b>Niedrig</b>	<b>Mittel</b>	<b>Hoch</b>
<b>Anfänger + Ältere</b>	A2	A3	B
<b>Erfahrene</b>	A1	A2	A3
<b>Experten</b>	A1	A1	A2

<b>Mit Zusatzbelastung</b>	<b>Situationskomplexität</b>		
<b>Fahrergruppen</b>	<b>Niedrig</b>	<b>Mittel</b>	<b>Hoch</b>
<b>Anfänger + Ältere</b>	A3	B	B
<b>Erfahrene</b>	A2	A3	B
<b>Experten</b>	A2	A2	A3

Wie zu erkennen ist, verschiebt sich durch die Zusatzaufgabe die erlebte Beanspruchung. Weiterhin ist ersichtlich, daß sich für unterschiedliche Populationen verschiedene Situationskomplexitäten als sinnvoll erweisen. So ist für Fahranfänger und ältere Fahrer bei der Untersuchung von der Ablenkungswirkung durch MMI jede Situationskomplexität angemessen. Bei den Experten sind lediglich die hochkomplexen Situationen sinnvoll um entsprechenden Effekte zu erzielen.

Das zweite relevante Merkmal ist die Notwendigkeit der visuellen Kontrolle des Verkehrsraumes. Dieses Merkmal berücksichtigt in welchem Maße eine visuelle Kontrolle für die sichere Verkehrssituationsbewältigung innerhalb einer Situation notwendig ist. Dabei wird davon ausgegangen, daß dieses Maß innerhalb einer Situation schwanken kann. Die Situationen werden eingeteilt inwieweit die visuelle Kontrolle

- in der ganzen Situation unverzichtbar (z.B. Fahren auf vorfahrtsgebender Straße bei zähem Verkehrsfluß)
- in Teilen der Situation teilweise verzichtbar (z.B. Fahren auf Hauptstraße mit Ampelanlagen),
- innerhalb der Situation fast immer verzichtbar (z.B. Fahren auf fast leerer Autobahn) ist.

Dieses Kriterium ist „nicht von der Situationskomplexität und den Anforderungen an die Fahrzeugbedienung unabhängig, sondern stellt einen Teil dieses Indizes dar“ (Gstalter et al., 1998, S. 70).

Beim dritten Merkmal Kompensationsstrategien, Kontrollmöglichkeiten werden die in der jeweiligen Situation vorhandenen Handlungsmöglichkeiten für den Fahrer betrachtet. Ausge-

hend von der Beanspruchungshomöostase wird angenommen, daß ein Fahrer versucht ein bestimmtes Maß an Beanspruchung aufrecht zu erhalten. So wird er dann beispielsweise im Falle einer Überbeanspruchung durch geeignete Verhaltensänderungen – möglicherweise durch eine Geschwindigkeitsreduktion – das für ihn akzeptable Maß anstreben. Die Verhaltensänderungen mit dem Ziel der Beanspruchungshomöostase können sich in den verschiedenen Situationen unterscheiden. Dies ist sowohl in der Realität als auch in den verschiedenen experimentellen Settings der Fall. Die in einer Computersimulation möglichen Kontrollstrategien sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Kontrollstrategien und personenabhängige Ressourcen zur Beanspruchungsreduktion in der Computersimulation (nach Gstalter et al., 1998, modifiziert)

<b>Verkehrsrealität</b>	<b>Computersimulation</b>
Fahrtvorbereitung: Scheiben säubern, Karte lesen etc.	nicht notwendig
Navigationsebene: Wahl bekannter und leichter Strecken	zum Teil möglich
Bahnführungsebene: Vermeidung von Manövern wie Spurwechsel, Überholen; nur große Zeitlücken akzeptieren, sorgfältiges Sichern (Spiegel)	möglich
Stabilisierungsebene: Langsam fahren, homogene Geschwindigkeit, großer Längens- abstand, auf einfacher Spur bleiben (rechts)	möglich

Um eine Über- bzw. Unterschätzung des Effektes des MMI's zu vermeiden sollten man die Kompensationsmöglichkeiten jeder Situation kontrollieren. Eine Überschätzung ist dabei dann zu erwarten, wenn den Fahrern durch Situationsauswahl oder Instruktion alle Kompensationsmöglichkeiten genommen werden. Im Gegensatz dazu kommt es zu einer Unterschätzung des Effektes wenn man den Fahrer in einer Versuchsumgebung mehr Kompensationsmöglichkeiten ermöglicht, als es normalerweise in der Realität gibt. Nach Ansicht von Gstalter et al. (ebd.) „sollten durch Instruktion und Situationsauswahl möglichst viele verschiedene Kontrollstrategien für den Versuchsfahrer möglich sein und Situationen mit geringer Kontrolle dazu gegeben werden“ (S. 71).

Die typischen Fehler stellen das vierte Merkmal dar, das bei der Auswahl für ablenkungskritischen Situationen relevant ist. Es ist davon auszugehen, daß die Anforderungen in verschiedenen Verkehrssituationen variieren und dementsprechend auch die Art der Fehler die auftreten können. Für die Untersuchung der Ablenkungswirkung müssen Situationen verwendet werden, die ein breites Spektrum an Fehlermöglichkeiten besitzen. Da die Fehler das Maß der Zusatzbeanspruchung aufzeigen, sollten zudem Situationen ausgewählt werden die eine hohe Fehlerquote beinhalten.

Das Merkmal zeitkritische Aufgaben hängt sehr stark mit der Notwendigkeit einer visuellen Kontrolle zusammen und ist u.a. dann gegeben, wenn für eine Situationsbewältigung eine

zeitlich-räumliche Abstimmung mit anderen Verkehrsteilnehmern nötig ist. „Ablenkungen sind besonders kritisch, wenn Fahrer innerhalb einer Situation zeitkritische interaktive Aufgaben bewältigen müssen, für die nur ein knappes Zeitfenster besteht“ (Gstalter et al., 1998, S. 73). Das Einfädeln auf der Autobahn stellt beispielsweise eine zeitkritische Aufgabe dar.

Bei der Notwendigkeit unmittelbarer Reaktionen werden Ereignisse berücksichtigt, die nicht oder kaum antizipierbar sind. Überprüft wird bei der Verwendung von Situationen dieser Art „ob ein MMI eine Verringerung der Reaktionsbereitschaft für überraschend auftretende Ereignisse bewirkt“ (Gstalter et al., 1998, S. 73).

Schließlich sind noch die Validierungsmöglichkeiten zu betrachten. Dabei sollten bei der Generierung einer Versuchsstrecke Situationen verwendet werden, die auch im Feldversuch abprüfbar sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß für die Generierung einer Versuchsstrecke zur Überprüfung von ablenkungskritischen Fragestellungen nach Gstalter et al. (1998) die nachfolgenden Gesichtspunkte berücksichtigt werden sollten. Zum einen sollte die Verteilung der Komplexitätsstufen der Situationen gewährleistet sein. Weiterhin sollten Situationen den Versuchspersonen dargeboten werden, die unmittelbare Reaktionen erfordern, jedoch nicht mehr als in drei Situationen. Die Notwendigkeit einer visuellen Kontrolle sollte in drei Situationen möglich bzw. in einer nicht möglich sein. Außerdem sollten innerhalb der Versuchsstrecke Situationen ohne Kontrollmöglichkeiten realisiert werden. Verschiedene Kompensationsmechanismen sollten anwendbar sein. Die Strecke sollte zudem genügend zeitkritische Situationen aufweisen. Schließlich sollten verschiedenartige, typische Fehler auftreten können.

Jedes experimentelle Setting hat seine Besonderheiten, die sich auch in der Streckengenerierung auswirken. Nach Gstalter et al. (1998) ergeben sich innerhalb einer Computersimulationsumgebung, wie es der in der vorliegenden Arbeit verwendete Fahrsimulator darstellt, bestimmte Rahmenbedingungen, die bei der Auswahl der Situationen zu berücksichtigen sind. Zum einen kann davon ausgegangen werden, daß die Versuchspersonen in der Regel „ortsunkundig“ sind, was die Möglichkeit einer geeigneten Streckenauswahl unterbindet. Des weiteren ist die Schwierigkeit der Fahraufgabe i.d.R. maximal im mittleren Bereich angesiedelt. Situationen mit maximalem Schwierigkeitsgrad, wie es beispielsweise T-Kreuzungen mit Wartepflicht oder Autobahnauf- bzw. -abfahrten darstellen, kann man bislang nur unter hohem technischen Aufwand simulieren. Trotz des hohen technischen Entwicklungsgrades des hier verwendeten Fahrsimulators kann bei Abbiegesituationen nicht von einem vollkommen realistischen Eindruck gesprochen werden.

Vorteilhaft sind jedoch Eigenschaften wie die hohe Reproduzierbarkeit der verschiedenen Situationen und die Möglichkeit gefahrlos zeitkritische Aufgaben darzustellen, wie z.B. ein plötzliches Ausscheren eines Fahrzeugs auf der Autobahn. Auch die Manipulation von Wetter- bzw. Sichtbedingungen (z.B. plötzlich aufkommender Nebel) läßt sich vornehmen und damit eine Erhöhung der Situationskomplexität herstellen.

### 2.6.2 Situationsgruppen

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, liegt der Vorteil der Verkehrstaxonomie, die von Fastenmeier (u.a. 1995) entwickelt wurde, nicht nur in der Generierung der Versuchsstrecke. Vielmehr bietet die Einteilung in beispielsweise einfache und komplexe Situationen die Möglichkeit, Analyseeinheiten zur Auswertung der Ergebnisse zu bilden. Allerdings sind bestimmte Besonderheiten bei den Komplexitätsstufen der Situationen zu beachten. „Eine vorab definierte Situation stellt hier ja nur eine Rahmenbedingung für die Vp dar, die von ihr in ihrer Komplexität verändert werden kann. Definiert man die Situation z.B. als Annäherung an ein langsames Fahrzeug entscheidet die Vp, ob sie diesem hinterherfährt oder es überholt (was zumindest bei Strecken mit Gegenverkehr eine wesentlich komplexere Situation darstellt). Die Situationskomplexität einer computersimulierten Strecke ist somit nur approximativ a priori zu bestimmen“ (Gstalter et al. 1998, S. 70).

Nach Ansicht von Dahmen-Zimmer et al. (1998) sind „Einstufungen im hohen Maße holistische Expertenurteile enthalten ... denen keine objektivierbare Methodik zugrunde liegt“ (S. 41). Weiterhin argumentieren die Autoren, daß „das Ziel eines allgemein verwendbaren Verfahrens ... damit zunächst einmal nicht erreicht [ist] und es bleibt unklar, mit welchen Aspekten einer Situation ein Komplexitätsurteil im einzelnen zu begründen ist“ (Dahmen-Zimmer et al., 1998, S. 42).

Es müssen daher noch Erfahrungen in den einzelnen Versuchs-Settings gemacht werden um zu klären ob die Einteilung von Gstalter et al. (ebd.) die erlebte Beanspruchung widerspiegelt und differenzierbare Ergebnisse liefert.

In der vorliegenden Arbeit sollen die erste Schritte in diese Richtung unternommen werden. So werden neben der Situationskomplexität nach Gstalter et al. (ebd.) auch andere möglichen Einteilungen vorgenommen werden.

Insgesamt werden nachfolgend drei Gruppierungsmöglichkeiten betrachtet. Eine davon ist, die bereits diskutierte Kategorisierung von Gstalter et al. (ebd.). Tabelle 13 veranschaulicht die Zusammensetzung der einfach und mittel komplexen Situationen nach Gstalter et al. (ebd.), die im weiteren als einfach und komplex bezeichnet werden. Die Situationsnumerierung bezieht sich auf die bereits in Abbildung 15 verwendete Codierung. Die Baseline-Abschnitte sind mit der Bezeichnung B1-B7 gekennzeichnet. Beim Abschnitt B8 muß ein Radfahrer bzw. bei B6 müssen andere Fahrzeuge überholt werden. Die restlichen Baseline-Bedingungen stellen „reines Fahren“ dar.

Tabelle 13: Baseline (B), einfache und komplexe Situationen (Sit.) nach Gstalter et al. (1998) bei Analyseeinheit 1 (AE 1)

Situationskomplexität		
Baseline	Einfach	komplex
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	Sit.5, Sit.7, Sit.8, Sit.9, Sit.11, Sit.13, Sit.15, Sit.16, Sit.17	Sit.1, Sit.3, Sit.6, Sit.10, Sit.12, Sit.18

In der zweiten Einteilungseinheit werden neben der Komplexität auch die Streckenarten mit berücksichtigt. Dabei wird unterschieden ob es sich dabei um einen Landstraßen- oder Autobahn-Abschnitt handelt (siehe Tabelle 14). Diese Einteilung wird weiterhin als Analyseeinheit 2 (AE 2) bezeichnet.

Tabelle 14: Baseline, einfache und komplexe Situationen (Sit.) in verschiedenen Streckenarten bei Analyseeinheit 2 (AE 2)

	Streckenart	
Komplexität	Landstraße	Autobahn
Baseline	B1, B2, B3, B4, B7	B5, B6
Einfach	Sit.15, Sit.16, Sit.17	Sit.7, Sit.8, Sit.9, Sit.11, Sit.13
Komplex	Sit.1, Sit.3	Sit.6, Sit.10, Sit.12

Schließlich werden bei der dritten Gruppierung – allerdings nur bei den Spurhaltefehlern innerhalb der Verhaltensbeobachtung – die Situationen nach den zeitlich ablaufenden Verhaltensänderungen unterteilt. Für die in Abbildung 7 dargestellten Überholssituation werden vier Phasen identifiziert (Theofanou, 1999). Die Annäherungs-Phase wird dabei definiert als der Zeitraum, der mit Einblendung der ersten Sekundäraufgabe in der Situation beginnt und bis zur beobachtbaren Orientierungsreaktion (Sichern, Blinken) anhält. Die anschließende Phase Überholen Anfang beginnt mit dem Ausscheren des Versuchsfahrzeugs für das Überholen des vorausfahrenden Fahrzeugs und endet, wenn sich der Proband auf derselben Höhe wie das überholte Fahrzeug befindet. Hier schließt die Überholen Ende-Phase an, die abgeschlossen ist, wenn das Versuchsfahrzeug sich wieder auf der rechten Fahrspur befindet. Die letzte Phase, die Nach-Phase, setzt unmittelbar nach dem Ende der vorherigen Phase ein und dauert bis zum Zeitpunkt in der eine Sekundäraufgabe vorhanden ist an.

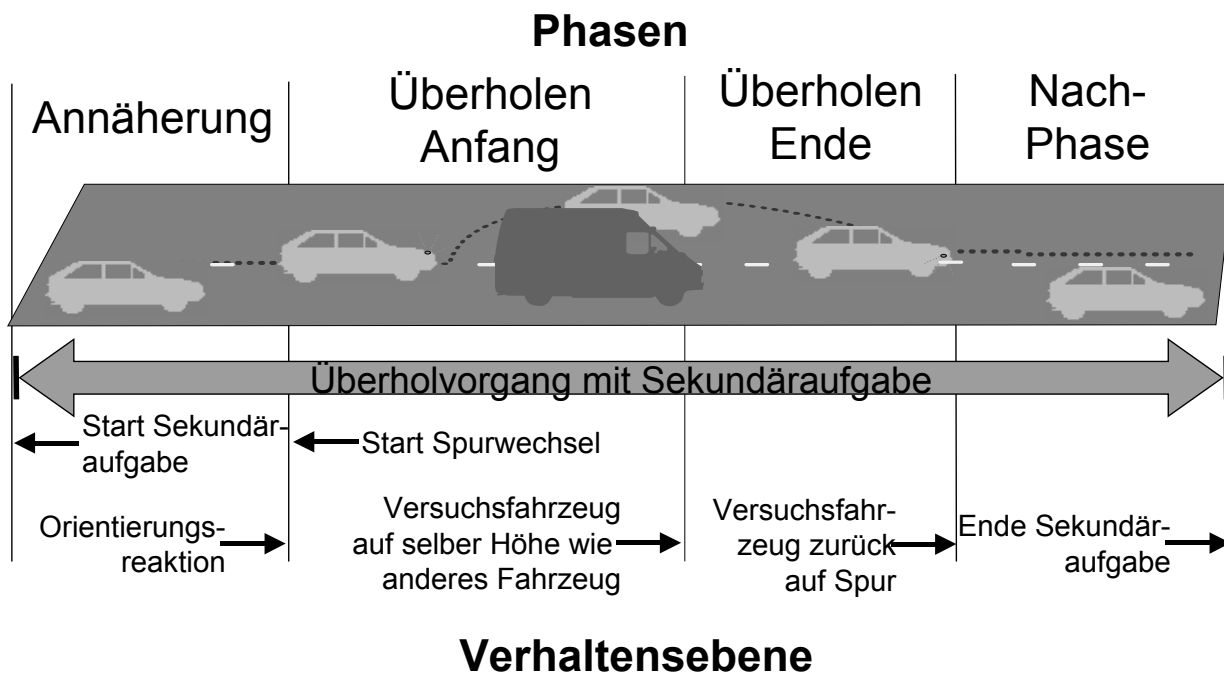


Abbildung 7: Phasen für die Verhaltensbeobachtung beim Überholvorgang (Theofanou, 1999, modifiziert)

## 2.7 Ältere Verkehrsteilnehmer

Momentan ist davon auszugehen, daß 77 % der Bevölkerung im Alter zwischen 40 und 54 Jahren einen Führerschein besitzen (Dahmen-Zimmer et al. 1998).

Bereits in Kapitel 2.6.1 wurden im Rahmen der Beschreibung der Beanspruchungsniveaus bei verschiedenen Situationskomplexitäten die älteren Fahrer (zusammen mit den Fahranfängern) als Fahrergruppe den erfahrenen Fahrern und Experten gegenüber gestellt.

Sie erweisen sie sich unter anderem bei den Unfallstatistiken als auffällig. Neben den jüngeren Führerscheinbesitzern stellen die älteren Fahrer eine Personengruppen mit einem besonders hohen Unfallrisiko dar. Zusätzlich weisen auch die Verkehrsstatistiken einen Anstieg der älteren Verkehrsteilnehmer auf.

Als eine präsente Gruppe im Verkehrsgeschehen muß sie auch innerhalb der Verkehrsforschung Beachtung finden, zumal sie hinsichtlich der Verkehrssicherheit auffällig ist. Wodurch läßt sich das erklären? Welche Veränderungen finden bei älteren Menschen statt?

Nach Geiser (1997) können altersbedingte Defizite in verschiedenen Bereichen der Sensorik, Kognition und Motorik bis hin zur Strategie beobachtet werden. Bei der Sensorik zeigt sich beispielsweise eine Beeinträchtigung der visuellen Wahrnehmung. Generell nimmt die Sehschärfe ab. Zudem nimmt die Akkomodationszeit zu, was den Wechsel von einem entfernten Objekt (Betrachtung des Straßenverkehrs) auf beispielsweise die Mittelkonsole (Geschwindigkeitsregulation) verlängert. Die Verschlechterung der Adaptationsleistung bei älteren im Vergleich zu jüngeren Menschen trägt zudem dazu bei das in dem genannten Beispiel auch das



Auge einige Zeit braucht um auf unterschiedliche Lichtverhältnisse (Außen: hell, Innen: dunkel) zu reagieren. Der Übergang zwischen Aufgaben im Fahrzeug und dem Verkehrsgeschehen verlängert sich (Wierwille 1992; Wikman et al., 1998; Moss & Triggs, 1997).

Das Blickverhalten kann insgesamt bei den älteren Fahrern als reduziert angesehen werden. Sie brauchen mehr und längere Blicke und weisen dabei mehr Fehler als die jüngeren Fahrer auf (Rockwell, 1988; Toaka, 1990; Wierwille et al., 1988; Wierwille, 1992). Das Blickmuster läßt weiterhin weniger und kürzere Blicken auf den Innen-Spiegel im Vergleich zu jüngeren Fahrern erkennen (Toaka, 1990; Serafin, 1994).

Die einzelnen Veränderungen und Beispiele der Beeinträchtigung sind in der nachfolgenden Tabelle 15 aufgeführt.

Tabelle 15: Veränderung bei älteren Menschen (Geiser, 1997, modifiziert)

Be-reich	Veränderung	Beispiel für Beeinträchtigung
Sensorik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Wahrnehmung: Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit, Blendempfindlichkeit, nutzbares Sehfeld, Akkomodation, Adaptation</li> </ul>	Nahpunkt wächst an von 10 cm auf ca. 1 m: Scharf sehen im Nahbereich nicht ohne Sehhilfe möglich
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditive Wahrnehmung: Hochfrequente Geräuschanteile, Sprachwahrnehmung</li> </ul>	Erkennung von Geräuschen bestehend aus sehr hohen und sehr tiefen Tönen beeinträchtigt: Verstehen von Sprache nicht uneingeschränkt möglich
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taktile Wahrnehmung: Wahrnehmungsempfindlichkeit</li> </ul>	
Kognition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktionszeit</li> </ul>	Verlängerte Reaktionszeit bei zeitkritischen Verkehrssituationen kann sich gefährlich auswirken
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedächtnis</li> </ul>	Reduktion der Gedächtniskapazität
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernverhalten</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkurrierende Anforderungen</li> </ul>	Probleme bei der Verteilung von Aufmerksamkeiten: parallel dargebotene Informationen problematisch
Strategie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatisierung durch Übung</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompensation durch Änderung von Teilaufgaben</li> </ul>	Teilaufgaben werden modifiziert, z.B. Reduktion der Fahrzeug-Geschwindigkeit, Vermeidung von Spurwechseln
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptation des Aufgabenziels</li> </ul>	Aufgabe wird verändert: Fahren nur unter Tageslichtbedingungen wird bevorzugt

Einer der wichtigsten Veränderungen ist die Reduktion der Fähigkeit von geteilter und selektiver Aufmerksamkeit. Auch der Verlust der Fähigkeit Prozesse zu automatisieren, kann bei zunehmend neuen Aufgaben, bedingt durch neue Technologien, im Fahrzeug negative Konsequenzen haben.

So kann beispielsweise in der Studie von Mourant et al. (2000), bei der die Aufmerksamkeit zwischen Fahren einerseits und Zusatzaufgaben andererseits aufgeteilt werden muß, gezeigt werden, daß die älteren Fahrer sowohl in der Sekundäraufgabenleistung als auch bei der Fahrleistung schlechter abschneiden als die jüngeren Fahrer. Insbesondere die Dauer zwischen zwei Präsentationen der Sekundäraufgaben-Targets (Inter-Stimulus-Interval, ISI) hat einen großen Einfluß auf die Leistung der älteren Fahrer. Ein weitere wichtige Einflußgröße auf die Leistung dieser älteren Fahrer ist, ob das Target in der Verkehrsumwelt oder innerhalb des Fahrzeugs dargestellt wird. Bei der Darstellung im Fahrzeug leidet die Spurhalteleistung der älteren Fahrer stark, vor allem wenn der ISI kurz ist (0.6 sec.).

Nach Fastenmeier (1995) wird den älteren Fahrern die Fähigkeit abgesprochen in komplexen Situationen zurecht zu kommen, da die Fahrer in diesen Situationen kapazitätsfordernde kontrollierte, Tätigkeiten unterlassen. Demgegenüber stehen jedoch kompensatorische Verhaltensweisen von älteren Fahrern, die von verändernden Blickverhalten (Orientierung in die Ferne) bis hin zur Wahl von geeigneteren Rahmenbedingungen (u.a. Fahrtstrecke, Witterungsbedingungen) reichen. Wie jedoch schon oben erwähnt worden ist, reichen diese Verhaltensweisen nicht aus um sicher zu fahren. Zudem kann nicht immer davon ausgegangen werden, daß die Rahmenbedingungen geändert werden können.

Weitere Zusammenfassungen über Veränderungen bei älteren Fahrern lassen sich beispielsweise bei Dahmen-Zimmer et al. (1998) und bei Sivak (1995) finden.

Der tatsächliche Effekt des Alters bei einer Ablenkungsaufgabe soll innerhalb dieser Arbeit genauer betrachtet werden.

## **2.8 Konstruktion einer Sekundäraufgabe**

### **2.8.1 Anforderungen an die Sekundäraufgabe**

Bei der Festlegung der Sekundäraufgabe werden verschiedene Anforderungen gestellt.

Die erste ergibt sich daraus, daß der größte Teil der Informationsaufnahme beim Führen von Kraftfahrzeugen visuell erfolgt. Somit wird zur Induktion einer Ablenkung eine visuelle Aufgabe gewählt. Weiterhin soll die Aufgabenstellung einfach sein und eine Basis-Aufgabe darstellen, d.h. sie soll eine Teilaufgabe darstellen, die immer bei visuell dargebotenen Informationen ausgeführt werden muß. Dies ist bei einer Identifikationsaufgabe der Fall, bei der aus einer Vielzahl an präsentierten Informationen die relevante extrahiert werden muß. Sie soll zudem über den Versuch gleich bleiben. Somit soll der kognitive Anteil bei der Bearbeitung niedrig gehalten werden. Als weitere Anforderung muß die Schwierigkeit variierbar sein, um Veränderungen des Leistungsniveaus einerseits und der verwendeten Maße (vgl. Kap. 2.9) andererseits beobachten zu können. Weiterhin sollen die Aufgaben das ergonomische Prinzip der Unterbrechbarkeit erfüllen d.h. es soll keine zeitabhängige (systemseitige) Veränderung der Aufgabenzustands stattfinden. Die Schriftarten und Größen sollen zudem so gewählt sein,

daß sie den Mindestvorschriften entsprechen. Schließlich muß die Leistung der Sekundäraufgabe leicht und schnell überprüfbar sein. Hierzu wird die Anzahl der korrekt bearbeiteten Sekundäraufgaben pro Minute betrachtet.

### 2.8.2 Gestaltung der Sekundäraufgabe

Als Zusatzaufgabe wird eine fahrtunabhängige, primär visuelle Aufgabe gewählt. Sie ist als künstliche Aufgabe mit dem Zweck der Ablenkung konzipiert. Es besteht daher kein Zusammenhang der dargestellten Inhalte mit dem von handelsüblichen Geräten.

Die Aufgabe der Versuchspersonen ist es aus den auf dem Display dargestellten Städtekombinationen, die einem Zugfahrplan ähnlich aufgebaut sind, die Verbindung "München Ostenfeld" oder "Ostenfeld München" (Zielreiz) zu finden und anschließend die Zeiten in der entsprechenden Zeile laut zu nennen. In Abbildung 8 sind beispielhaft zwei Trials dargestellt.

Linkenheim	Teklenburg	13:17	15:22
Passau	Reger	0:16	08:15
Fuhlendorf	Olfen	20:17	21:06
München	Ostenfeld	02:41	04:16
Jever	Stolper	14:28	19:35
Eisenach	Althütte	16:13	18:48
Aurich	Bonn	11:59	12:43

Ebelsbach	Ingelheim	08:09	12:17
Münster	Althütte	09:23	17:18
Iserlohn	Würzburg	08:31	15:29
Tübingen	Osterhofen	21:55	23:09
Ostenfeld	München	10:37	13:46
Osterode	Piding	04:28	11:34
Erlau	Mönchen	10:09	16:07
Aurich	Osterholz	17:34	23:45
Eisenach	Jever	20:13	22:12

Abbildung 8: Beispiel für niedrige (links) und hohe Sekundäraufgabenkomplexität (rechts)

In jedem Trial sind diese Städtekombinationen vorhanden. Sobald ein neues Trial dargeboten wird ertönt ein Hinweiston ("Ding"). Die Töne werden durch einen Lautsprecher hinter dem Fahrersitz ausgegeben.

Die Zusatzaufgabe wird in zwei Schwierigkeitsstufen, mit niedriger und hoher Komplexität, dargeboten. Die Unterscheidung der Komplexität basiert auf den Dimensionen: Schriftgröße, Schriftfarbe, Target-Distraktor-Diskriminabilität (d.h. Ähnlichkeit des Targets und der Distraktoren), Anzahl der Zeilen und Darstellungsform (Tabellarisch vs. Fließtext). Die niedrigkomplexe Bedingung enthält sieben Zeilen mit in weiß geschriebenen Städteverbindungen auf dunkelgrauem Hintergrund bei einer 17-Punkt-Schriftgröße von und einer geringen Ähnlichkeit zwischen Zielreiz und sonstigen Städteverbindungen (niedrige Target-Distraktor-Diskriminabilität). Die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit wird basierend auf Studien von u.a. Podorny et al. (1979), van der Heijden et al. (1984), Tullis (1983) bestimmt.

Die hoch-komplexe Bedingung enthält neun Zeilen bei einer 11-Punkt-Schriftgröße und einem invaliden, farblich gekennzeichneten Städtenamen (Cue in der Farbe Magenta). Das Display weist zudem eine hohe Target-Distraktor-Diskriminabilität auf. Diese wird über die Anzahl der Städte mit gleichen oder ähnlichen Anfangsbuchstaben hergestellt. Insgesamt gibt es pro Trial sieben Orte die dem Target ähnlich sind: drei Orte fangen mit dem Anfangsbuchstaben "O" und drei Städte mit "M" oder "W" an (siehe Abbildung 8). Die Schriftfarbe ist weiß und magenta mit dunkelgrauem Hintergrund. Die Auswahl des Display-Inhaltes wird basierend auf den Ergebnissen eines Vorversuchs festgelegt.

In Tabelle 16 sind die Dimensionen und die dazugehörigen Ausprägungen für niedrige und hohe Sekundäraufgabenkomplexität zusammengefaßt.

Tabelle 16: Zusammenfassung der Dimensionen und deren Ausprägungen bei niedriger und hoher Sekundäraufgabenkomplexität

<b>Dimension</b>	<b>Ausprägung bei niedriger Sekundäraufgabenkomplexität</b>	<b>Ausprägung bei hoher Sekundäraufgabenkomplexität</b>
<b>Schriftart</b>	Arial	Arial Narrow
<b>Schriftgröße</b>	17 Punkt	11 Punkt
<b>Schriftfarbe</b>	Weiß	Weiß und invalider Cue in magenta
<b>Hintergrundfarbe</b>	Dunkelgrau	Dunkelgrau
<b>Anzahl der ähnlichen Distraktoren (Target-Distraktor-Diskriminabilität)</b>	1 Städtenamen mit Anfangsbuchstaben "O" oder "M"	3 Städtenamen mit Anfangsbuchstaben "O" und 3 Städtenamen mit Anfangsbuchstaben "M", "W" oder "N"
<b>Anzahl der Zeilen</b>	7	9
<b>Darstellungsform</b>	Fließtext	Tabellarisch

Die vollständige Liste der 30 niedrig- und 30 hoch-komplexen Trials ist Anhang 1 zu entnehmen.

## 2.9 Auswahl der Meßgrößen

Welche Maße sollen bei Fragestellungen, die Ablenkung durch MMI's untersuchen, betrachtet werden? Gstalter et al. (1998) weisen darauf hin, daß „die Leistung bei der Primäraufgabe Autofahren ... das Kriterium zur Validierung anderer Hilfsgrößen zur Abschätzung der Ablenkungswirkung von MMI's" (S. 111) ist. Allerdings betonen die Autoren, daß objektive Fahrleistungsmaße „bisher wenig schlüssige Ergebnisse ergeben" und zudem „oft im Widerspruch zu subjektiven Einschätzungen bei den selben Fahrten" stehen. Hierbei beziehen sie sich auf Ergebnisse aus zahlreichen Studien, bei denen fahrdynamischen Daten wie beispielsweise

Fahrtzeit, TLC, Lenkwinkel, TTC und Reaktionszeiten auf Verkehrsszenen betrachtet werde. Als Erklärung für die eingeschränkte Verwendbarkeit der fahrdynamischen Maße wird die Art der Analyse angeführt. So werden in vielen Studien vor allem die Mittelwerte der Maße aus Fahrten mit und ohne Sekundäraufgabe verglichen. Des weiteren sehen die Autoren das Problem „in der Interpretation dieser Daten, die ohne eine Betrachtung der Szene, aus denen die Meßwerte stammen nicht schlüssig möglich ist“ (S. 112). Als Beispiel hierfür führen die Autoren an, daß es bei einfachen Verkehrssituationen durchaus zu Ungenauigkeiten in der Spurführung kommen kann, da man bei guter Sicht nicht die Ideallinie fahren muß. Für die Gesamtstrecke wird empfohlen die Eigengeschwindigkeit, Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug (Zeitanteile kritischer Zeitlücken z.B. <1.2 sec.), Anzahl der Unfälle und Häufigkeit des Abkommens von der Straße als Maß zu verwenden. Bei der Betrachtung einzelner Situationen sollte sinnvollerweise der Seitenabstand berücksichtigt werden, sofern er 1 m bei festen bzw. 1.5 m bei bewegten Objekten unterschreitet, das Integral aus Dauer und Fläche beim Verlassen der Fahrspur als Maß für die Genauigkeit der Querregelung, der Geschwindigkeitsverlauf während der Situation sowie die akzeptierten Zeitlücken bei Abbiege- und Einfädelvorgängen. Bei den subjektiven Maßen sollte nach Ansicht der oben genannten Autoren, die Fehlerzähl-Technik verwendet werden.

Die einzelnen in dieser Arbeit betrachteten Maße werden nachfolgend beschrieben. Ein Überblick der gemessenen und beobachteten Maße ist in Abbildung 9 aufgeführt.



Abbildung 9: Gemessene und beobachtete Maße

### 2.9.1 Subjektive Maße

Innerhalb der vorliegenden Arbeit kommen zwei standardisierte und drei nicht standardisierte Fragebögen zum Einsatz. Davon wird einer vor dem Versuch und die übrigen nach dem Versuch bearbeitet. Der erste ist der Fahrerdemographische Fragebogen (siehe Anhang 2). Hier wird den Probanden zu Beginn des Versuchs Fragen zu Ihrer Person und zu ihrem Fahrstil gestellt. Diese Fragen zu den fahrerdemographischen Merkmalen dienen, neben der Erfassung der Daten der jeweiligen Person, auch als Einstimmung in den Versuch (Warming-Up Phase). Unmittelbar nach Beendigung der Fahrt und Abnahme der Elektroden bekommt die Versuchsperson den Abschlußfragebogen ausgehändigt (siehe Anhang 3). Dieser Fragebogen beinhaltet Fragen allgemeiner Art, wie z.B. bezüglich der erlebten Schwierigkeit der Fahrt im Simulator, als auch Fragen zu der gegenseitigen Beeinträchtigung von Fahrt und Zusatzaufgabe. Abgefragt wird „Hat die Bearbeitung der Zugaufgabe<sup>3</sup> Ihre Fahrleistung negativ beeinflusst?“, bzw. „Hat das Fahren die Bearbeitung der Zugaufgabe negativ beeinflusst?“. Damit erhält man ein Gesamturteil der subjektiven Beeinflussung durch die Zusatzaufgabe und umgekehrt. Anschließend wird der NASA-Task-Load-Index (TLX, siehe Anhang 4) ausgehändigt. Die hier verwendete Variante stellt die nach der TU Berlin modifizierte Version des NASA-TLX dar. Das Original ist in Kapitel 2.3.1.1 beschrieben. Die berücksichtigten Dimensionen sind: geistige, körperliche und zeitliche Anforderung, Aufgabenerfüllung, Anstrengung und Unzufriedenheit. Anhand des Fragebogens Foto-Cueing (Anhang 5), wird die erlebte Beanspruchung in den einzelnen, durchfahrenen Situationen abgefragt. Die einzelnen Situationen sollen dabei anhand von Fotos der jeweiligen Fahrszene wiedererkannt werden. Die hierfür verwendeten Situations-Bilder sind in Anhang 6 aufgeführt. Foto-Cueing hat sich bereits als sinnvoll für die Erinnerung und Bewertung von vorangegangenen Ereignissen erwiesen. Der Grund dafür ist, daß „der Zugriff auf Gedächtnisinhalte entscheidend erleichtert werden und aus der Gedächtnispsychologie bekannte Effekte wie z.B. primacy- und recency-Effekte ... vermieden oder abgeschwächt werden“ (S. 56, Dahmen-Zimmer et al. 1998). Für jede Situation werden beim Foto-Cueing zwei Fragen gestellt. Zuerst nach dem Grad der Beanspruchung den die Probanden in der jeweiligen Situation erleben. Die Antwort ist innerhalb des Kontinuums mit den Polen „nicht beanspruchend“ und „beanspruchend“ durch Ankreuzen anzugeben. Zur Auswertung werden die Werte anschließend in eine Skala von 0 bis 20 umgewandelt. Der höchste Wert (20) stellt den Pol „beanspruchend“ dar. Die zweite Frage „Hätten Sie unter normalen Umständen die Sekundäraufgabe erledigt?“ wird durch das Ankreuzen von „ja“ oder „nein“ beantwortet.

Der letzte Fragebogen ist der standardisierte Group Embedded Figures Test (GEFT) nach Witkin et al. (1971). Er basiert auf 17 der 18 Elemente des EFT und stellt einen non-verbalen Test zur Erfassung von unterschiedlichen kognitiven und damit auch unterschiedlichen Wahr-

---

<sup>3</sup> Gegenüber den Probanden wird die Sekundäraufgabe als Zugaufgabe bezeichnet

nehmungs-Stilen dar. Er differenziert dabei zwischen Feldabhängigkeit und Feldunabhängigkeit. Bei der Feldabhängigkeit wird davon ausgegangen, daß „perception is strongly dominated by the overall organization of the surrounding field, and parts of the field are experienced as “fussed”“ (S. 4). Dagegen kann bei der Feldunabhängigkeit festgestellt werden, daß „parts of the field are experienced as discrete from organized ground“ (S. 4). Anders ausgedrückt können bei der Feldunabhängigkeit relevante Elemente ausgeblendet werden, weil sie als Teile des Ganzen angesehen werden können. Dies ist bei der Feldabhängigkeit nicht der Fall. Da diese und die Feldunabhängigkeit zwei Pole mit kontinuierlichem Verlauf aufweisen, ist die Einteilung in die eine oder andere Gruppe nicht möglich. Es kann lediglich eine vergleichende Aussage getroffen werden. Nach Witkin et al. (1971) weist der EFT einen Unterschied zwischen Männern und Frauen auf. Dabei zeigt sich bei Männern eine geringere Feldabhängigkeit. Der Wahrnehmungsstil unterliegt auch einer altersbedingten Veränderung. Zwischen einem Alter von 24 Jahren und dem “hohen” Alter, welches in den späten Dreißiger vermutet wird, beginnt die Feldabhängigkeit zuzunehmen. Ältere Fahrer können somit schlechter Relevantes von Irrelevantem unterscheiden. Die Aufgabe beim EFT besteht darin eine einfache Figur (Target) innerhalb einer komplexen aufzufinden. In dem hier aus Zeitgründen verwendeten Group Embedded Figures Test (GEFT) werden grau schattierte geometrische Figuren als komplexe Figur verwendet. Wie beim EFT ist auch beim GEFT das Target auf der Rückseite des Testhefts angebracht, so daß eine gleichzeitige Betrachtung der einfachen und komplexen Figur unterbunden wird. Der Test besteht im ersten Schritt aus sieben Übungsaufgaben, die innerhalb von zwei Minuten zu lösen sind. Im zweiten Schritt müssen 18 weitere Versuchsaufgaben gelöst werden. Hierbei stehen der Versuchsperson fünf Minuten zur Verfügung.

## **2.9.2 Leistungsmaße**

### **2.9.2.1 Maße der Sekundäraufgabe**

Die erste Gruppe der hier erhobenen Leistungsmaße ist die Performanz in der Sekundäraufgabe, die – wie auch die Verhaltensdaten - anhand der Videoaufzeichnungen ermittelt wird. Bei Dahmen-Zimmer et al. (1998) wird eine Verschlechterung der Leistung in der Sekundäraufgabe mit zunehmender Situationskomplexität beobachtet. Auch der Grad der Situationskomplexität wirkt sich auf die Sekundäraufgabenleistung aus. Insbesondere bei den mittleren und komplexen Situationen kommt es zu einem Anstieg der Fehlerrate bei der komplexen Sekundäraufgabe.

Alm et al. (1991) weisen hingegen auf keine Unterschiede in der Sekundäraufgabenleistung in Abhängigkeit von der Streckenkomplexität hin. Er hält es jedoch für möglich, daß die Charakteristik einer Strecke (kurvige vs. gerade Strecke) nicht ausreichend ist um einer Beeinträchtigung in der Zusatzaufgabe zu unterliegen.

Bei Verwey (1996c) zeigt sich interessanterweise kein Unterschied in der Sekundäraufgabenleistung beim Stillstand und während der Fahrt. Offensichtlich ist die Aufgabe zu schwer um eine Variation der Leistung zu erwirken.

Die Unterschiede der Zusatzaufgabenleistung in den verschiedenen Studien sind jedoch auch von der Instruktion abhängig. Je nachdem welche der Doppelaufgaben priorisiert werden soll, kann die Leistung unterschiedlich ausfallen. Es ist jedoch auch nicht auszuschließen, daß ein Proband innerhalb des Versuchs Prioritäten ändert, was die Erfassung von Prioritäten – zumindest innerhalb bestimmter Zeitintervalle – sinnvoll erscheinen läßt.

Als Maß für die Sekundäraufgabe wird in der vorliegenden Arbeit die Anzahl der richtig gelösten Sekundäraufgaben verwendet.

### **2.9.2.2 Verhaltensdaten**

Die Erfassung von Verhaltensdaten kann in den verschiedenen Experimentalbedingungen stattfinden. Die Art der Erfassung kann dabei variieren zwischen gleichzeitiger Erhebung der Daten durch geschulte Beobachter (u.a. Fahrlehrer) bis hin zur Analyse des Verhaltens anhand der Versuchsfahrt-Videoaufzeichnung. Notwendig ist es dabei sowohl den Fahrer als auch die Verkehrssituationen (Interaktion mit den anderen Verkehrsteilnehmern) zu betrachten. Der Vorteil besteht darin, daß die letztgenannte, nachdem Beobachtungskriterien festgelegt worden sind, billig und schnell zu erfassen sind. Zudem ist lediglich ein verhältnismäßig geringer Aufwand erforderlich. Weiterhin besitzen sie eine hohe Face-Validität. Der Beobachter kann bei Betrachtung der Gesamtsituation feststellen, ob eine positive oder negative Beeinflussung der Fahraufgabe in bestimmten Situationen vorhanden ist und durch welche diese jeweils gekennzeichnet ist. Allerdings stehen den genannten Vorteilen auch Nachteile gegenüber. So muß eine genaue Beschreibung der zu erhebenden Verhaltensdaten vor der Untersuchung bereits feststehen, da dies nachträglich oft nicht mehr möglich ist. Weiterhin muß, sofern mehrere Beobachter eingesetzt werden oder ein Vergleich zu anderen Studien angestrebt wird, eine hohe Beobachterübereinstimmung durch genaue Definition der Fehlverhalten herbeigeführt werden. Die Interpretation der Verhaltensdaten können zudem sehr subjektiv ausfallen.

In der Studie von Dahmen-Zimmer et al. (1999b) werden zahlreiche Verhaltensdaten durch einen Fahrlehrer erhoben. Dazu gehören u.a. Sicherungsverhalten, Blinkerbetätigung, Differenz zur vorgeschriebenen Geschwindigkeit (zu schnell oder zu langsam) sowie Qualität der Quer- und Längsregelung. Die auftretenden Fehler in den einzelnen Situationen werden dabei von dem Fahrlehrer entsprechend ihrer Schwere auf einer sechsstufigen Skala bewertet (1: leicht, 6: Eingriff erforderlich). Aufgrund der geringen Stichprobengröße ergibt sich aber kein bedeutsamer Unterschied bei dem Vergleich zwischen Abwendungs- und Ablenkungsaufgabe. Auch bei den zwei Altersgruppen sind die Ergebnisse nicht signifikant. Sie deuten



jedoch darauf hin, daß das Verhalten insbesondere bei der Ablenkungs-Bedingung sicherheitskritischer bei den älteren Fahrern ist. Es können in dieser Studie auch einzelne Situationen erkannt werden, die eine erhöhte Gefährdung darstellen.

In der Studie von Becker et al. (1995) zeigen sich bei der Sprech-Phase sowohl in der Stadt als auch auf den Autobahn-Abschnitten beobachtbare Fahrfehler. So kann der Beobachter beispielsweise kritisches Verhalten durch reduzierte Betrachtung von anderen Verkehrsteilnehmern (incl. Fußgängern, Radfahrer) wahrnehmen. Auf der Autobahn nimmt zudem die Spiegelbeobachtung bei etwa 25 % der Probanden bei verschiedenen Bedingungen ab. Auch kritische Spurabweichung können beobachtet werden. Diese Bewertung erfolgt, wenn der Fahrer durch ungewolltes Abweichen von der Mitte seiner Fahrspur (meist damit auch Verlassen seiner Fahrspur) sich bzw. andere Verkehrsteilnehmer gefährdet. Innerhalb der 42 protokollierten Fahrten ergeben sich während der Anwähl-Phase mit zehn Überschreitungen die häufigsten Spurhaltefehler bei den erfahrenen Fahrern bei der Bedingung Tastatur Mittelkonsole. Jedoch auch bei der Sprech-Bedingung kommt es zu Spurhaltefehlern. In sieben der 33 Fälle sind diese beim Handheld-Telefonieren kritisch, während es bei der Freisprech-Phase zu keinem kritischen Fall kommt. Der Längsabstand gilt dabei als kritisch wenn der Proband „einem vorausfahrenden Fahrzeug so nahe gekommen ist, daß der Beobachter diesen Abstand als sicherheitskritisch eingestuft hat“ (Becker et al., 1995, S.65). In sechs Fällen kommt es bei den erfahrenen Fahrern bei insgesamt 42 Fahrten zu einem kritischen Längsabstand bei der Bedingung Tastatur Handheld innerhalb der Anwähl-Phase.

Bei Verwey (1996c) werden ebenfalls Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit während einer Zweitaufgabenbearbeitung in Abhängigkeit von einzelnen Streckenabschnitten (siehe oben) vorgestellt. Beeinträchtigt ist dabei hauptsächlich die Spurführung, das Bremsverhalten (Antizipation der Situation) und das Sicherungsverhalten. Den Zusammenhang zwischen Beanspruchungs-Level und Veränderung der Maße beschreibt Verwey (1996c) „with moderate levels of driver workload and distraction, various types of driving behavior are affected, whereas with high levels of workload, drivers tend to neglect especially course keeping and anticipatory looking“ (S. 25). Insgesamt sind nach Verwey's Ansicht die subjektiven Bewertungen von Situationen sinnvoller als die objektiven Maße um Sicherheitsbeeinträchtigungen durch MMI's zu bewerten. Zudem ist zu erkennen, daß bei der Gegenüberstellung der fahrdynamischen Ergebnisse der Längsführungs-Qualität es zu Abweichungen kommen kann (siehe Verwey 1996c).

In der vorliegenden Arbeit sollen Fehler berücksichtigt werden, die auf verschiedenen Verhaltensebenen beim Autofahren auftreten können (siehe Tabelle 10). Insbesondere werden jeweils pro Situation Verhaltensdaten, d.h. Navigationsfehler, Spurhaltefehler und das Sicherungsverhalten anhand der Videoanalyse im Anschluß des Versuchs erhoben. Auch der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, die Anzahl der Beinaheunfälle und die Prioritätenver-

teilung zwischen Primär- und Sekundäraufgabe sollen betrachtet werden. Der hierfür verwendete Beobachtungsbogen ist in Anhang 7 aufgeführt.

### 2.9.2.3 Fahrdynamische Maße

Zur Erfassung von Leistungsmaßen als objektive Maße werden die fahrdynamischen Daten während des Versuchs 50 Mal pro Sekunde (50 Hz) automatisch aufgezeichnet. Diese stammen sowohl aus dem Bereich der Quer- als auch Längsregelung.

#### Durchschnittliche Geschwindigkeit

Nach Gstalter et al. (1998) gilt die Reduktion der Geschwindigkeit als eine Möglichkeit die erlebte Beanspruchung zu reduzieren und ist somit als ein Kompensationsmechanismus zu verstehen.

Wie sich jedoch beispielsweise in der Studie von Alm et al. (1991) zeigt, reduzieren die Probanden nicht immer ihre Geschwindigkeit bei Doppelaufgaben. Insbesondere zeigt sich, daß die Geschwindigkeit nur dann signifikant reduziert wird, wenn sie nicht bereits relativ niedrig ist. Dieser Fall liegt bei den komplexen Abschnitten der Studie vor. Somit ergibt sich lediglich bei den leichten Abschnitten eine Geschwindigkeitsreduktion während der Bearbeitung der Zusatzaufgaben. Im Vergleich dazu wird bei Dahmen-Zimmer et al. (1998) keine Anpassung der Geschwindigkeit aufgrund der Sekundäraufgabe festgestellt. Lediglich die Komplexität der Strecke wirkt sich hier auf die Wahl der Geschwindigkeit aus.

Auch bei Verwey (1996c) wird kein Unterschied in der Geschwindigkeit bei Versuchs- bzw. Kontrollbedingung beobachtet.

In einer zusammenfassenden Betrachtung einer Vielzahl von Studien schließt De Waard (1996), daß die Geschwindigkeit ein Maß für die erlebte Beanspruchung ist. Für ihn folgt daraus, daß „the measure can be indicative of a strategic choice for a lower driving speed to compensate for high information load, and accordingly lead to a decrease in mental load“ (De Waard, 1996, S. 71). Da dieses Maß jedoch von Faktoren wie z.B. der Verkehrsmenge beeinträchtigt wird, sollte es nur in kontrollierten Verkehrsumgebungen als ein reliables Maß zur Erfassung von Beanspruchung verwendet werden.

#### Standardabweichung der Gaspedalstellung

Dieses Maß gilt als Indikator der Regelaktivität. Ziel ist es die „...Veränderung der Geschwindigkeitsregulation im Sinne eines unruhigen Fahrverhaltens aufgrund reduzierter Aufmerksamkeitszuwendung auf die Fahrzeugführung“ (Becker et al. 1995, S.67) zu ermitteln. Wie die Ergebnisse in der Literatur jedoch zeigen ergeben sich oftmals widersprüchliche Effekte. So zeigt sich bei Becker et al. (1995) einerseits ein Anstieg der Standardabweichung der Gaspedalstellung bei den Autobahn-Abschnitten während der Anwahl-Phase beim Telefonieren. Andererseits kommt es in der Sprech-Phase aber zu einer Reduktion dieses Maßes bei der komplexen Versuchsbedingung. Auch bei Dahmen-Zimmer et al. (1998) ergeben sich teilwei-

se widersprüchliche Ergebnisse. U.a. zeigt sich hier ebenfalls ein Anstieg der Standardabweichung bei der Bearbeitung der Sekundäraufgabe während der komplexen Abschnitte.

#### Standardabweichung der Geschwindigkeit

Ähnlich wie die Standardabweichung der Gaspedalstellung gibt auch die Standardabweichung der Geschwindigkeit Auskunft über die Fahrweise des Fahrers. Im Gegensatz zur Standardabweichung der Gaspedalstellung, das ein direktes Maß der Regelaktivität darstellt, fließen bei der Standardabweichung der Geschwindigkeit auch die Fahrzeugparameter des Fahrzeugs mit ein, wie beispielsweise das Fahrzeug-Beschleunigungsverhalten. Da die Standardabweichung der Geschwindigkeit das Maß ist das der Fahrer aufgrund seines Regelverhaltens zurückgemeldet bekommt, sollte es zusätzlich betrachtet werden.

#### Time-To-Collision (TTC)

Spätes Entdecken von relevanten Objekten (z.B. anderen Verkehrsteilnehmern) im Straßenverkehr gilt als eine Hauptunfallursache. Nach Ansicht von Rumar (1990) „there is reason to believe that delayed detection of other road users is a main factor in road traffic collisions“ (S. 1288). Auch Enke (1979, zitiert nach Cohen, 1997) weist darauf hin, daß „etwa 50% aller Unfälle eben noch zu verhindern wären, sofern jeder Lenker sein richtiges unfallverhütendes Fahrmanöver nur 0.5s bis 1.0s früher eingeleitet hätte“ (S. 11). Der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug soll daher hier genauer betrachtet werden.

Eines der möglichen Maße zur Beschreibung des Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug stellt das TTC dar. Mit diesem Maß wird die Zeit bezeichnet, die vergehe bis das vorausfahrende Fahrzeug angefahren würde. Hiermit kann „eine Einschätzung des Sicherheitsrisikos des situationsspezifischen Abstandsverhaltens vorgenommen werden“ (Becker et al., S. 67). Weil dieses Maß die Eigengeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs, die Relativgeschwindigkeit und die vermutete Reaktionszeit des Fahrers berücksichtigt, kann es als sicherheitskritischstes Maß unter den Abstandsmaßen angesehen werden.

Beispielsweise können in der Studie von Becker et al. (1995) bei der Anwahl-Phase keine bedeutsamen Unterschiede des Abstandsverhalten, operationalisiert durch das TTC, zwischen der Versuchs- und Kontrollbedingung aufgezeigt werden. Lediglich bei der komplexen Sprech-Phase weisen die erfahrenen Fahrer auf der Autobahn einen geringeren Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug auf als bei der Baseline.

Um das Sicherheitsrisiko der Fahrer besser erfassen zu können, sollen in der vorliegenden Arbeit die Unterschreitungen des zeitlich kritischen Abstandes von 1.7 sec. betrachtet werden. Dieser Zeitraum ist einerseits so gewählt, daß das oben erwähnte unfallverhütende Fahrmanöver ermöglicht werden soll, aber andererseits auch die StVO mit der umgerechneten Vorgabe eines zeitlichen Mindestabstandes von 0.8 sec. bis 1.2 sec. zum vorausfahrenden Fahrzeug eingehalten wird. Der gewählte Zeitraum liegt auch knapp über der beispielsweise von Zwahlen et al. (1988) bestimmten kritischen Blickdauer von 1.5 sec.. Das dieser zeitliche Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug realistisch ist und in Feldversuchen auftritt zeigt bei-

spielsweise die Studie von Becker et al. (1995). In dieser kann sowohl bei der Anwähl-Phase als auch bei der Sprech-Phase ein durchschnittlicher Abstand von knapp unter 2 sec. beobachtet werden. Dabei liegt der durchschnittliche minimale Werte in der Sprech-Phase auf der Autobahn bei ca. 1.2 sec.. Für eine Geschwindigkeit von 50 km/h ergibt sich bei Einhaltung des kritischen TTC von 1.7 sec. ein Längsabstand von 23.6 m, bei 80 km/h von 37.8 m und bei 100 km/h ein Abstand von 47.2 m.

Neben der Dauer wird in dieser Arbeit aber auch die Anzahl der Unterschreitungen pro Situation betrachtet um die Strategie des Fahrers zu erfassen.

Ähnlich wie bei der Längsregelung sind die Möglichkeiten der Bezugnahme auf die Position des Fahrzeugs vielfältig. So kann lediglich die Standardabweichung der lateralen Position betrachtet werden, die Standardabweichung der Differenz der Position des Fahrzeugs zur Straßenmitte oder zum Seitenstreifen oder die Zeit die das Fahrzeug braucht um aus der Spur zu kommen.

#### Time-To-Line-Crossing (TLC)

Parkes (1991) sieht als Primäraufgabe des Fahrens die Aufrechterhaltung der sicheren Kontrolle über das Fahrzeug. Maßgeblich ist dafür u.a. für ihn die Position des Fahrzeugs auf der Fahrspur, was auch als laterale Position bezeichnet wird. Diese psychomotorische Koordinationsaufgabe zwischen Auge und Hand wird in der Literatur mehrfach als relevantes und sensibles Leistungsmaß beschrieben (z.B. De Waard, 1996), da bereits kleine Abweichungen fatal sein können (Zwahlen et al., 1988). Nach Ansicht von Zwahlen (1985) ist für die laterale Position der Blick auf die Straße notwendig, oder mit den Worten des Autors „in order to maintain proper direction and lateral vehicle position on the road the driver must make a continuous string of eye fixations ahead of the car“ (S.336).

In der Telefonsstudie von Becker et al. (1995) zeigen sich jedoch weder bei der Sprech-Phase noch bei den Wählbedingungen beim Telefonieren signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Experimentalbedingung. Dies trifft gleichermaßen auf erfahrene als auch auf unerfahrene Probanden zu. Auch die Betrachtung des kritischen TLC (Addition der Klassen 0-5 sec.) führt zu keinen statistischen Unterschieden, was auf eine geringe Differenzierbarkeit bei diesem Maß hindeutet. Auch bei Verwey (1996c) ergibt sich kein Unterschied in der Anzahl der Unterschreitungen des kritischen TLC (bei ihm 1.1 sec.) bei der Experimental- bzw. Kontrollbedingung.

Aufgrund der genannten Relevanz dieses Maßes, soll innerhalb der vorliegenden Arbeit neben dem durchschnittlichen TLC-Maß auch das kritische TLC-Maß, d.h. TLC unter 1.5 sec. erhoben und diesem gegenüber gestellt werden.

### 2.9.3 Physiologische Maße

#### 2.9.3.1 Blickverhalten

Die Basis für das Blickverhalten stellt das mit der Infrarot-Kamera aufgezeichnete Video des Gesichts der Versuchsperson dar. Die Auswertung der Blickorte erfolgt dabei manuell. Bei sechsfacher Verzögerung des Bildes werden die Blickorte Sekundäraufgaben-Display, Tachometer und Straße, sowie die Dauer synchron kodiert und anschließend in einer Datei abgespeichert.

Wie schon in Kapitel 2.4.1 dargestellt, empfiehlt es sich neben der durchschnittlichen Blickdauer, -häufigkeit und Gesamtblickdauer auf einen Blickort auch kritische Maße zu betrachten. Parallel zur durchschnittlichen Blickdauer werden demnach hier auch die Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auf einen Blickort betrachtet.

#### 2.9.3.2 Herzrate

In der zweiten Gruppe der physiologischen Maße wird die Herzrate erfaßt. In zahlreichen Studien konnte der Zusammenhang zwischen steigender Beanspruchung und Zunahme der durchschnittlichen Herzrate nachgewiesen werden. Auch in der Studie von Becker et al. (1995) erfolgt so ein Anstieg der durchschnittlichen Herzrate, allerdings nur in der komplexen Bedingung (Handheld) während der Sprech-Phase.

Jedoch auch Anforderungen der Strecke können sich auf die Herzrate auswirken, wie die Studie von De Waard et al. (1995) zeigt. Hierbei wird der Zusammenhang zwischen manipulierter und nicht-manipulierter Oberflächenbeschaffenheit auf verschiedenen Streckenarten und der Beanspruchung untersucht. Verwendet werden dort neben fahrdynamischen Größen u.a. auch durchschnittliche Herzraten. Basis dieses Vorgehens ist die Annahme des mental load models (De Waard, 1996). Dabei wird mentale Beanspruchung mit der Aufgabenkomplexität in Verbindung gebracht. „An increase in task complexity is accompanied by an increase in mental effort in order to perform the task at the same level. A higher speed demands a higher level of information processing and is therefore an increase in task complexity. With increasing speed, mental effort increases disproportionately“ (De Waard, 1996, S. 1396). Die Ergebnisse der einzelnen Streckenabschnitten ergeben einen Anstieg der durchschnittlichen Herzrate, welche mit einer Reduktion der Geschwindigkeit und einer Reduktion der Standardabweichung der lateralen Position einher geht.

### 3 Experimentelle Untersuchung

#### 3.1 Fragestellung und Ziel der Untersuchung

In der folgenden Untersuchung soll der Effekt einer implementierten Ablenkung durch eine visuelle Zusatzaufgabe auf verschiedenen Maße beim Autofahren betrachtet werden. Dazu wird die Komplexität von Situationen, Streckenabschnitten und Zusatzaufgaben variiert. Durch eine Gegenüberstellung der Leistung der jüngeren und älteren Fahrer werden zudem Erkenntnisse über altersbedingte Leistungsgrenzen erzielt.

Aus den in den vorherigen Kapiteln dargestellten Zusammenhängen ergeben sich für die vorliegende Arbeit vier Hauptfragestellungen.

1. Ablenkungsmaße
  - Welche Maße sind sensitiv für induzierte Ablenkung?
  - Welche Maße sollten bei Ablenkungsfragestellungen betrachtet werden?
  - Wie macht sich die Komplexität der Strecke bei den Maßen bemerkbar?
2. Sekundäraufgaben
  - In welchen Maßen zeigt sich ein Unterschied in den Komplexitätsstufen der Sekundäraufgabe?
3. Altersgruppen
  - In welchen Maßen unterscheiden sich die Altersgruppen?
4. Analyseeinheiten
  - Bei welcher Analyseeinheit ergibt sich die größte Differenzierbarkeit der Ergebnisse?

#### 3.2 Methode

##### 3.2.1 Versuchsaufbau

Der Versuch findet im Fahrsimulator der DaimlerChrysler AG in Berlin statt. Eine schematische Darstellung des Fahrsimulators und zugehöriger Räumlichkeiten ist in Abbildung 10 beschrieben. Dieser Fahrsimulator zeichnet sich durch die Darbietungsmöglichkeit einer 180° Verkehrsansicht, der Simulation einer Rückspiegelansicht und entsprechenden Geräuschen aus. Zudem können durch die zylindrische Lagerung des Domes auch Quer- und Längsbewegungen der Simulation aufgeprägt werden (siehe Abbildung 11). Eine genaue Beschreibung der Eigenschaften kann u.a. bei Käding (1995) nachgelesen werden.

Als Fahrzeugkabinen sind verschiedene Fahrzeugmodelle (Pkw- als auch Lkw-Kabinen) möglich. Die entsprechende Fahrdynamik des eingesetzten Fahrzeugs wird bei der Simulation berücksichtigt. In diesem Versuch wird als Fahrzeugkabine das Vario-Research-Car (VRC) mit der Fahrdynamik einer Mercedes-Benz C-Klasse (W202) verwendet.

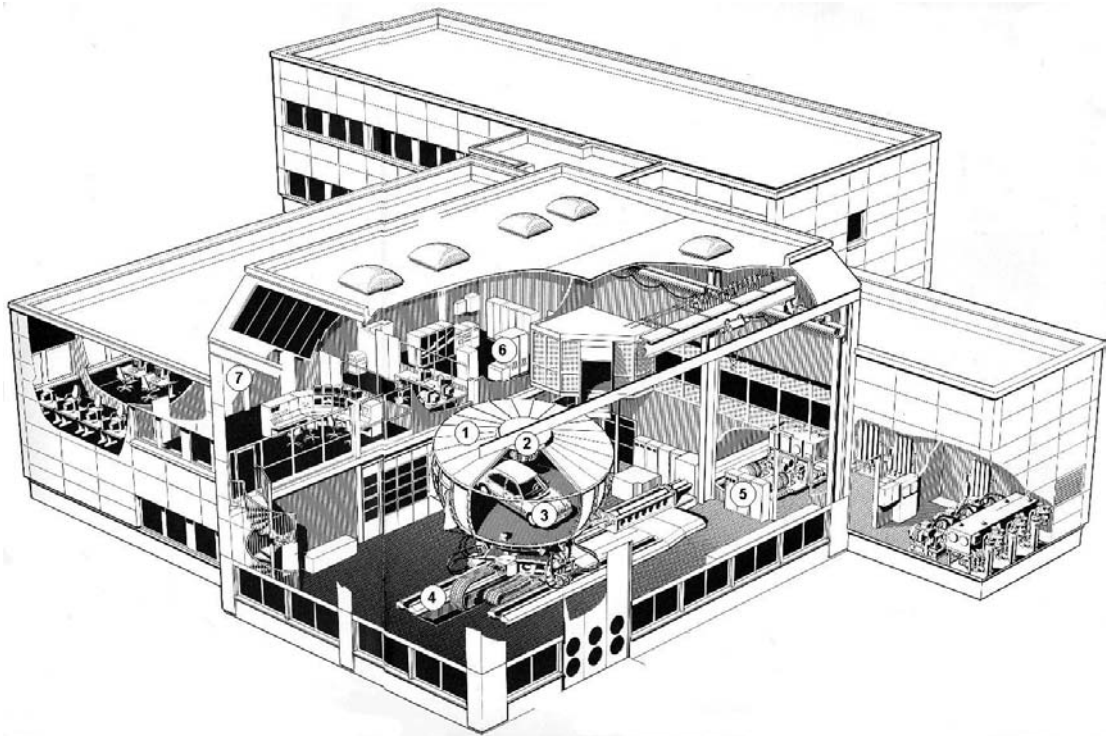


Abbildung 10: Verwendeter Fahrsimulator mit Fahrzeugkabine:

1. Projektions-Kapsel „Dome“; 2. Hoch auflösende Bild-Projektoren, 3. Fahrzeug-Kabine, 4. Längs-Verschiebeeinrichtung, 5. Hydraulische Druckgeneratoren, 6. Rechner-Einheit, 7. Kontroll-Center (Mercedes, 1996)



Abbildung 11: „Dome“ des verwendeten Fahrsimulators in Berlin (Mercedes, 1996)

In Fahrzeuginneren befinden sich zwei Kameras (siehe Abbildung 12). Die Gesichts-Kamera dient zur Erfassung des Blickortes der Versuchsperson aber auch zur Überwachung seines Zustandes während der Versuchsfahrt. Die Position dieser Infrarot-Kamera oberhalb des Sekundäraufgabendisplays in der Mittelkonsole ist so gewählt, daß die Kamera das Gesicht des Probanden – selbst bei geringen Bewegungen – erfassen kann. Weiterhin wird damit gewährleistet, daß die Sicht nach außen nicht behindert ist.

Die zweite Kamera (Szenenkamera), die 6 cm hinter und 18 cm rechts vom Fahrersitz auf einem Aluminiumquader, 86 cm oberhalb des Fahrzeugbodens befestigt ist (siehe Abbildung 13), dient zur zeitsynchronen Aufnahme der Versuchsstrecke.

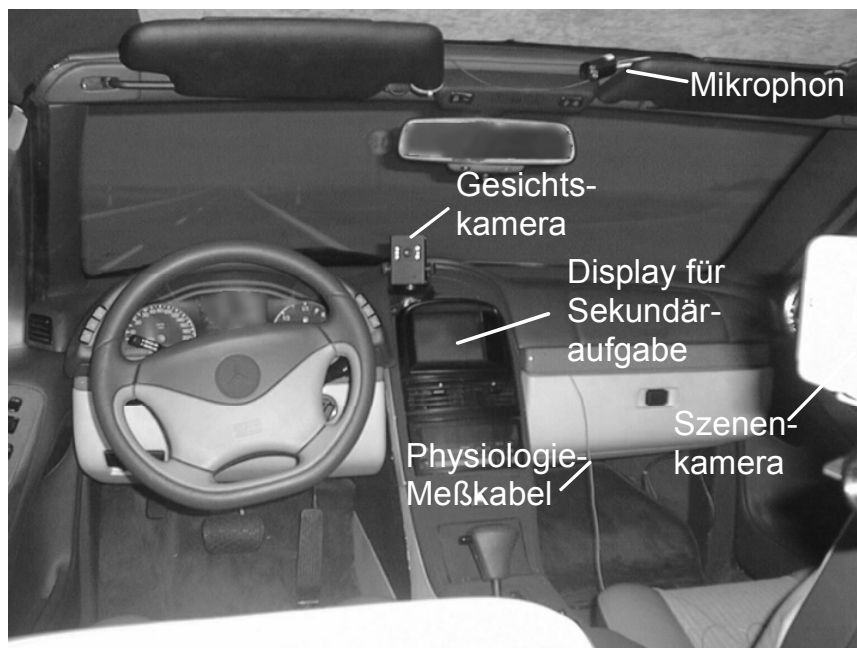


Abbildung 12: Versuchsfahrzeugausstattung

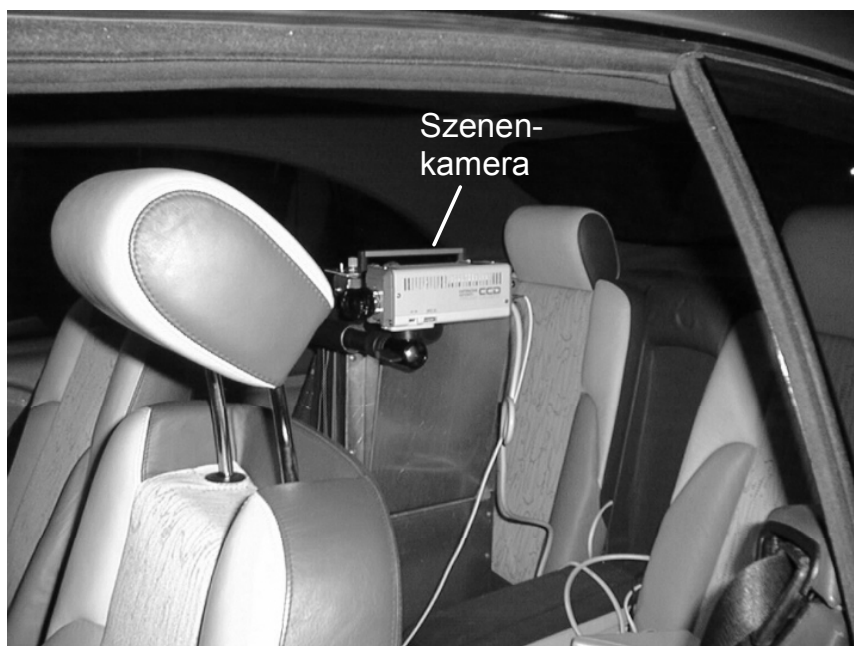


Abbildung 13: Position der Szenenkamera im Fond-Bereich



Die Aufnahmen der Gesichts- und Szenenkamera werden mit Hilfe eines Mischpults zusammengeschneiden und dienen in Form von Videobändern als Grundlage für Verhaltensbeobachtung und Blickanalyse. Die Apparatur ist in Abbildung 14 dargestellt.

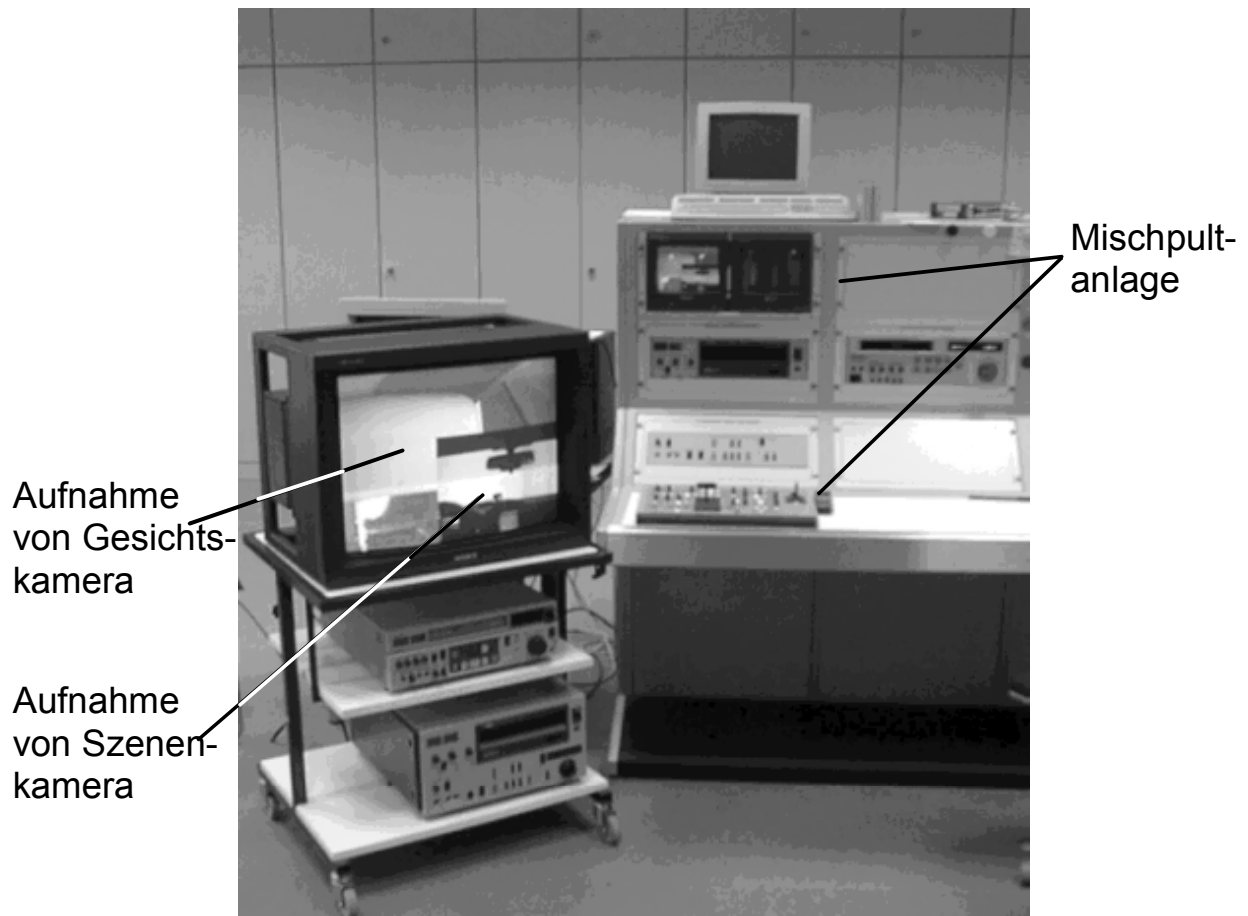


Abbildung 14: Mischpultanlage bzw. Beobachtungsstation

### 3.2.2 Ablenkungskritische Versuchsstrecke

Nach Berücksichtigung der in Kapitel 2.6 genannten Gesichtspunkte für die Generierung einer ablenkungskritischen Versuchsstrecke ergibt sich die in Tabelle 17 bzw. Abbildung 15 dargestellte Versuchsstrecke<sup>4</sup> (siehe auch Gstalter et al. 1998). Innerhalb dieser Versuchsstrecke müssen die Probanden Ortsdurchfahrten, Kreuzungen, Überlandfahrten und Autobahnfahrten mit verschiedenen Kurvenradien absolvieren. Dabei sind unterschiedliche Verkehrsdichten sowie zeitkritische Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern realisiert. In der zweiten Hälfte der Versuchsstrecke kommt Nebel auf, der bis zum Ende der Versuchsfahrt anhält. Die Strecke ist gemäß der deutschen Straßenverkehrsordnung mit üblichen Verkehrszeichen ausgestattet. Bei Einhaltung der geschwindigkeitsbeschränkenden Schilder dauert die Ver-

<sup>4</sup> Die Strecke entstand innerhalb des Projekts MoTiv AP5 in einer Beauftragung durch das Institut Diagnose und Transfer in Zusammenarbeit mit der Autorin und wurde im Kontext der vorliegenden Arbeit von der Autorin betreut.

suchsfahrt ca. 30 Minuten. Die zugehörigen Bilder der einzelnen Situationen können Anhang 6 entnommen werden.

Tabelle 17: Ablenkungskritische Versuchsstrecke für eine Computersimulationsumgebung mit Ausprägung der Merkmale

Beschreibung	Dauer (Weg)	Komplexität	Kompensationsmechanismen	ZA <sup>5</sup>	NR <sup>6</sup>	Val <sup>7</sup>
<b>EINGEWÖHNUNGSFAHRT:</b> Etwas kurvige Landstraße mit entgegenkommen- dem Verkehr.	5 min (4 km)	Niedrig				
<b>Situation 1</b> Gut ausgebaute Landstraße, ohne Kurven. Bei Situationsbeginn Lieferwagen mit 50 km/h ca. 500 m weit voraus. Gegenverkehr mit hinrei- chenden Zeitlücken zum Überholen für das Ver- suchsfahrzeug. Sofern Fzg nicht überholt wird, fährt dieser rechts heran.	3 min (3 km)	Hoch	G <sup>8</sup> ; R <sup>9</sup> ; ÜV <sup>10</sup>	(ja)	-	+
<b>Situation 2</b> Abbiegen von breiter Landstraße nach rechts in schmale Landstraße, der Beschilderung folgend. Entgegenkommender Verkehr auf der L2, der Abbiegen andeutet. T-Kreuzung. Das entgegen- kommende Fahrzeug steht dabei an der Kreuzung.	30 sec.	Hoch	G	-	-	+
<b>Situation 3</b> Enge Landstraße, ohne Mittelmarkierung durch ein Waldstück. Enge Linkskurve, dann gerade- aus, vor nächster Rechtskurve Baustellenfahr- zeug auf der Fahrbahn des Versuchsfahrzeuges. Die Vp soll die Möglichkeit haben noch vor dem Gegenverkehr das Baustellenfahrzeug zu passie- ren. Einzelne Fahrzeuge kommen einige Zeit später entgegen, mit jeweils ca. 15 sec. Abstand. Entgegenkommender Verkehr wenn die Bau- stelle erreicht ist.	2 min (1.5 km)	Hoch	G*: das Versuchsfahrzeug lässt den Gegenver- kehr an der Engstelle vorbei	ja	-	-
<b>Situation 4 (B3)</b> Gut ausgebaute Landstraße ohne Kurven, spo- radischer Gegenverkehr. Radfahrer in Fahrtrich- tung des Versuchsfahrzeugs auf der Fahrbahn unterwegs. Kein weiterer Verkehr in Fahrtrich- tung.	1 min (1 km)	Niedrig	G	-	-	+
<b>Situation 5</b> Ortsdurchfahrt, Häuser beiderseits der Straße, gelbes Ortseingangsschild. Plötzliches Queren eines Hundes. [Ort 1]	30 sec. (0.5 km)	Niedrig	-	-	+	-

<sup>5</sup> ZA: Zeitkritische Aufgabe

<sup>6</sup> NR: Notwendigkeit unmittelbarer Reaktion

<sup>7</sup> Val: Validierungssituation

<sup>8</sup> G: niedrigere und homogene Geschwindigkeit

<sup>9</sup> R: Fahren auf der rechten Spur

<sup>10</sup> ÜV: Überholverzicht

<b>Situation 6</b> Übergang von Landstraße in Autobahn. Fahrer fährt auf die Autobahn. Dabei wird ein Spurwechsel durch regen Verkehr auf der linken Spur verhindert. Fahrzeug muß bedingt durch dichten Verkehr auf der linken Seite vor einem Hindernis (nicht vorher angekündigte Baustelle) stehen bleiben.	2 min (2 km)	Hoch	G, Z <sup>11</sup>	-	-	-
<b>Situation 7</b> Langsame Lkw-Kolonnen (ca. 80 km/h) rechts, linke Spur frei. Nach ca. 40 sec. weitere Geschwindigkeitsreduktion der Lkws (Fahrer soll überholen)	1 min (2 km)	Niedrig	G, R, ÜV	-	-	+
<b>Situation 8</b> Versuchsfahrzeug überholt Lkws. Einer davon schert plötzlich aus (überholt anderen Lkw, fährt dabei einfach heraus ohne zu Beschleunigen). Versuchsfahrzeug muß bremsen (keine Notbremsung).	1 min (2 km)	Niedrig	-	-	+	-
<b>Situation 9</b> Geringer Verkehr auf rechter Spur (ca. 100 km/h), linke Spur frei, auch nach hinten.	2 min (4 km)	Niedrig	G, R, ÜV	-	-	+
<b>Situation 10</b> Zweispurige Baustellendurchfahrt (durch Schild angekündigt), Spurverschwenkungen, beide Spuren relativ dicht besetzt, aber Fahrstreifenwechsel möglich. Rechte Spur breit, ca. 70 km/h; linke Spur enger (ca. 90 km/h) [linke Spur 2.1 m; rechte: 2.4 m].	2.5 min (3.5 km)	rech. Sp: <sup>12</sup> niedrig; link. Sp: hoch	R	-	-	+
<b>AB HIER: SICHTBEHINDERUNG DURCH NEBEL</b>						
<b>Situation 11</b> Wie Sit. 9, aber zeitweise Fahrzeuge (ca. 140-160 km/h) von hinten links.	2-3 min (3 km)	rech. Sp: niedrig; link. Sp: hoch	G, R, ÜV, (Z)	(ja)	-	+
<b>Situation 12</b> Fremdfahrzeug fährt von Standspur los, schert knapp vor Versuchsfahrzeug ein. Durch dichten Verkehr von links wird verhindert, daß Vp links fährt!	1 min (0.5 km)	Hoch	-	-	(-)	-
<b>Situation 13</b> Vorwegweiser Ausfahrt 500 m ("Autobahndecke in 500 m)	30 sec.	Niedrig	G, R, ÜV, (Z)	-	-	+
<b>Situation 14</b> Gerades Übergangsstück zur T-Kreuzung. Versuchsfahrzeug biegt der Beschilderung folgend links in Landstraße ab. 'Vorfahrt Achten'- Schild (Dreieck) aus Sicht des Versuchsfahrzeuges. Beidseitiger Verkehr mit erst kurzen dann wachsenden Zeitlücken.	1 min	Hoch	G, Z	ja	-	+
<b>Situation 15</b> Kein Gegenverkehr, langsamer Pkw (ca. 60 km/h) wird unterwegs eingeholt, kann problemlos überholt werden. Am Situationsende einzelne Häuser beiderseits der Straße.	1,5 min (2 km)	Niedrig	G, R, ÜV	-	-	+

<sup>11</sup> Z: konservative Zeitlücken<sup>12</sup> Sp: Spur

<b>Situation 16</b> Gut ausgebaute, kreuzungsfreie Landstraße, kein Verkehr. Plötzliches Losfahren eines Fremdfahrzeuges vor einem sichtbehindernden Bus. Versuchsfahrzeug muß bremsen.	1 min (1 km)	Niedrig	G	-	+	-
<b>Situation 17</b> Kein Gegenverkehr, etwas kurvige Streckenführung, ein langsamerer Fahrzeug voraus (ca. 60 km/h).	2-3 min (1 km)	Niedrig	G, R, ÜV	-	-	+
<b>Situation 18</b> Ortsdurchfahrt mit Schild ankündigen. In der Ortschaft nach Linkskurve Fußgängerüberweg mit querungsbereiten Fußgängern (verdeckt durch Fahrzeug), danach Ortsausgang (Schild).	30 sec. (1 km)	Hoch	G	Ja	(+)	+

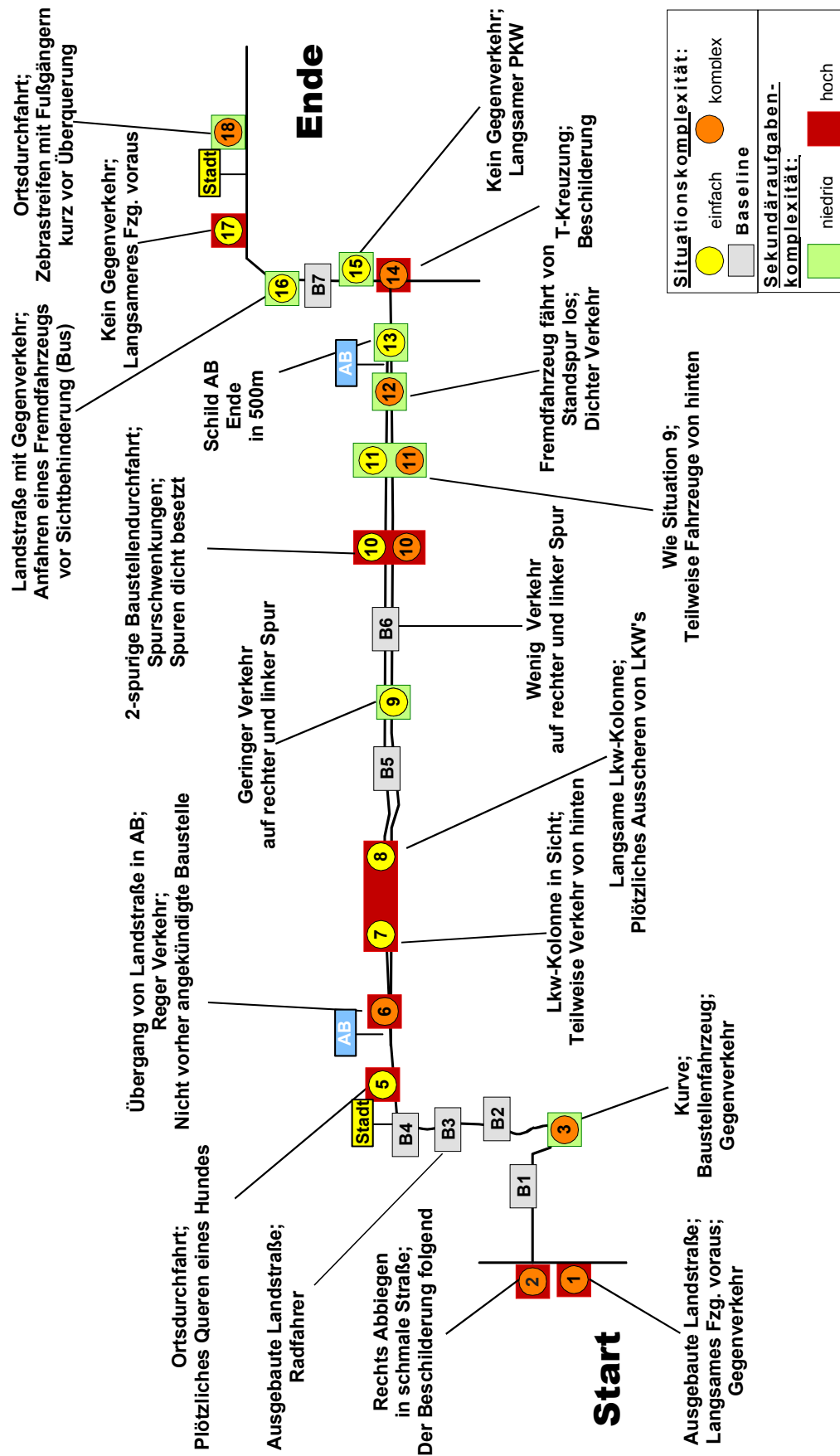


Abbildung 15: Versuchsstrecke mit Situationsbeschreibung und Sekundäraufgabenkomplexität

### 3.2.3 Sekundäraufgabe

Das Aufgabenmaterial der Sekundäraufgabe (siehe Kapitel 2.8.2) wird auf einem 12 cm x 9 cm Farbdisplay in der Mittelkonsole (siehe Abbildung 16) dargestellt. Das Seitenverhältnis des Displays beträgt 4:3. Ausgehend von der Mitte der Augenellipse der Versuchsperson ist das Display 18° unterhalb und 29° rechts davon zu finden.

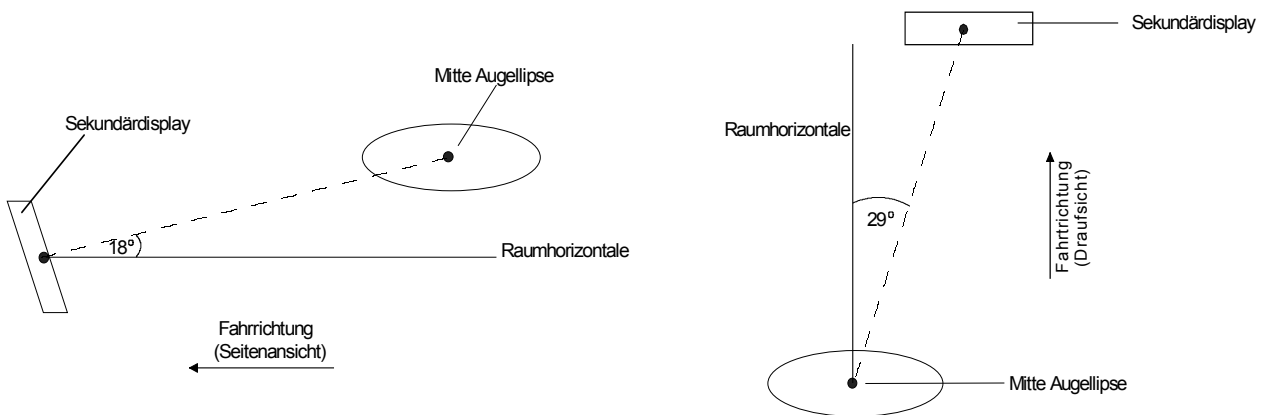


Abbildung 16: Position des Sekundäraufgaben-Displays

Die Aufgabensteuerung erfolgt über eine Workstation im Kontrollraum des Fahrsimulators (aufgeführt in Abbildung 10). Innerhalb vorher festgelegter Wegpositionen startet die Sekundäraufgabe. Die Präsentation der Zusatzaufgabe endet nach einem festgelegten Zeitraum bzw. Streckenabschnitt. Sobald eine Aufgabe (Trial) durch Nennung der Zeiten durch die Versuchsperson abgeschlossen ist, veranlaßt der Simulatorverantwortliche die Präsentation des nächsten Trials. Die Geschwindigkeit der Trial-Präsentation wird auf diese Weise durch die Versuchsperson selbst gesteuert ("personengetriggert", siehe Abbildung 17). Die Darbietung der Trials wird von einem akustischen Hinweiston begleitet.

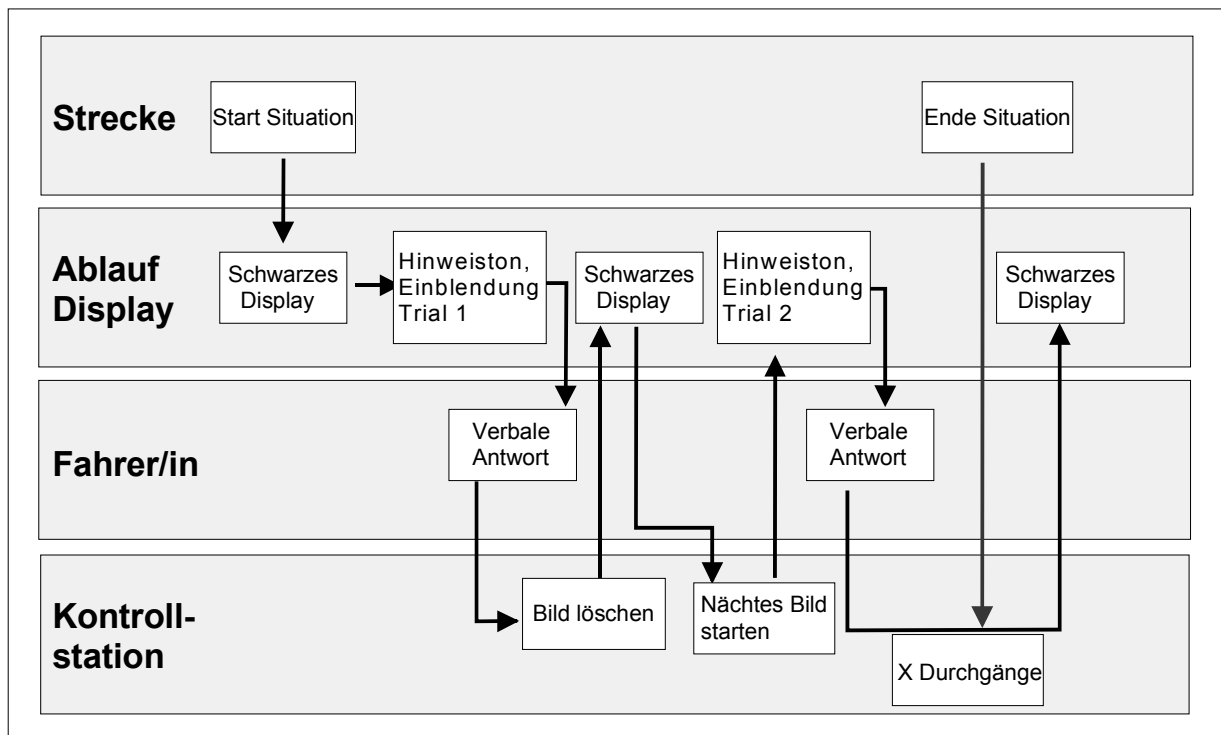


Abbildung 17: Ablauf der Sekundäraufgabendarstellung

Die Sekundäraufgabenschwierigkeit variiert lediglich bei unterschiedlichen Situationen (siehe Abbildung 15). Innerhalb einer Situation wird sie somit konstant gehalten.

Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, erhält die Hälfte der Versuchspersonen die in Abbildung 15 dargestellte Variation der Sekundäraufgaben-Komplexität. Die restlichen Probanden erhalten jeweils die entgegengesetzte Variation der Sekundäraufgaben-Komplexität.

Die Antworten der Probanden werden durch das Mikrophon in der Fahrzeugkabine erfasst (siehe Abbildung 12).

### 3.2.4 Versuchspersonen

An der Fahrsimulation nahmen insgesamt 66 Versuchspersonen im Alter von 20-35 Jahren (von nun an als Kategorie 'Jung' bezeichnet) und von 50-65 Jahren (von nun an als Kategorie 'Alt' bezeichnet) teil. Die Verteilung der Alterskategorien (Alterskat.) und des Geschlechts auf die Versuchsanordnung ist dabei gleich. Aufgrund von aufgetretener „Simulatorkrankheit“ bzw. Mißachtung der Instruktionen müssen vier Versuchspersonen aus der späteren Analyse herausgenommen werden. Schließlich ergeben sich so bei der Alterskategorie 'Jung' 15 Männer und 16 Frauen sowie bei der Kategorie 'Alt' 16 Männer und 15 Frauen.

Es handelt sich dabei um Fahrer/innen aus der Berliner Umgebung, die gegen Entgelt an dem Versuch teilnehmen. Alle Versuchspersonen haben bereits Erfahrung mit diesem Fahrsimulator in Berlin und sind erfahrene Fahrzeugführer, was durch eine regelmäßige Mindestfahrleistung von 10.000 km im Jahr gewährleistet ist. Die Probanden weisen keine Sehschwäche bzw. korrigierte Sehschwäche auf.

### 3.2.5 Unabhängige Variablen

Die unabhängigen Variablen bestehen in der Sekundäraufgabenkomplexität (niedrig- vs. hoch-komplex), dem Geschlecht und der Altersgruppe ('Jung' vs. 'Alt' ). Als weitere unabhängige Variable geht die Komplexität der Verkehrssituation (vgl. Kap. 0) in den Versuch mit ein.

### 3.2.6 Abhängige Variablen

Die zu erhebenden Daten (abhängige Variablen) lassen sich gemäß Tabelle 18 unterteilen:

Tabelle 18: Gemessene und berechnete Maße

Dimension	Größe
<b>Subjektive Maße</b>	<u>Fragebogen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten zur Person</li> <li>• NASA-TLX: Workload</li> <li>• GEFT: Feldabhängigkeit bzw. -unabhängigkeit</li> <li>• Abschlußfragebogen</li> <li>• Foto-Cueing: Subjektive erlebte Beanspruchung</li> </ul>
<b>Leistungsmaße</b>	<u>Sekundäraufgabe:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der richtig gelösten Sekundäraufgaben</li> </ul> <u>Verhaltensdaten:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigationsfehler</li> <li>• Sicherungsverhalten</li> <li>• Spurhaltefehler</li> <li>• Prioritätenverteilung zwischen Sekundäraufgabenbearbeitung bzw. Fahren in verschiedenen Überhol-Phasen</li> <li>• Beinaheunfälle</li> <li>• Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug</li> </ul> <u>Fahrdynamische Größen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchschnittliche Geschwindigkeit</li> <li>• Standardabweichung der Geschwindigkeit</li> <li>• Standardabweichung der Gaspedalstellung</li> <li>• Durchschnittlicher Time-To-Line-Crossing</li> <li>• Dauer der Unterschreitung des Time-To-Line-Crossing unter 1.5 sec.</li> <li>• Dauer der Unterschreitungen des Time-To-Collision unter 1.7 sec.</li> <li>• Anzahl der Unterschreitungen des Time-To-Collision unter 1.7 sec.</li> </ul>
<b>Physiologische Maße</b>	<u>Herzfunktionen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchschnittliche Herzrate</li> <li>• Relativierte durchschnittliche Herzrate</li> </ul> <u>Blickbewegung:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blickdauer</li> <li>• Blickhäufigkeit</li> <li>• Gesamtblickdauer</li> <li>• Anzahl der Blickdauern über 1.5 sec.</li> </ul>



### 3.3 Versuchsablauf

Insgesamt dauert der Versuch pro Proband 2 h 30 min (Abbildung 18). Im ersten Teil des Versuchs wird die Versuchsperson begrüßt und über das weitere Vorgehen unterrichtet. Sie wird informiert, daß es um die Untersuchung von Vorlieben verschiedener Darstellungsmöglichkeiten von schriftlichem Material gehen würde. Der Begriff der Ablenkung und Abwendung wird bewußt nicht verwendet. Im Anschluß daran muß sie den fahrenderdemographischer Fragebogen bearbeiten. In einem Nachbarzimmer werden anschließend die notwendigen Elektroden für die physiologische Datenerfassung von einer medizinisch-technischen Assistentin (MTA) angelegt. Für die nachfolgende Ruhemessung wird die Versuchsperson aufgefordert, die Augen zu schließen und sich zu entspannen. Nach einem Zeitraum von mindestens fünf Minuten wird die Versuchsperson in das Besprechungszimmer geführt, wo ihr die Sekundäraufgabe erklärt wird. Die Instruktion ist folgendermaßen:

„Sie werden während der Fahrt auf dem Display in der Mittelkonsole eine Liste mit verschiedenen Orten und Zeiten ähnlich einem Zugfahrplan bekommen. Der Aufbau ist dabei folgendermaßen:

**Abfahrtsort Ankunftszeit Abfahrtsort Ankunftszeit.**

Sie sollen aus der Reihe der Zugverbindungen die Verbindung

„München Ostfeld“ oder „Ostfeld München“

(die Reihenfolge ist dabei nicht erheblich) suchen und die Abfahrts- und Ankunftszeiten laut aussprechen. Die Begriffe Abfahrtszeit Ankunftszeit sollen dabei nicht genannt werden. Die gesuchten Orte sind **immer** auf dem Display vorhanden. Einige Displays beinhalten einen farbig gekennzeichneten Ort. Darauf brauchen Sie nicht zu achten. Neue Zugverbindungen auf dem Display werden jeweils mit einem akustischen Hinweiston angekündigt. Die Aufgaben sind immer nur für eine bestimmte Zeit vorhanden. Sie sollten deshalb versuchen, die Aufgabe **so schnell wie möglich** unter Berücksichtigung der Verkehrssicherheit zu bearbeiten. Die Aufgabe bleibt während der ganzen Fahrt konstant.“

Nachdem anhand einer Beispielaufgabe anschließend mögliche Fragen geklärt werden, wird die Versuchsperson von der Versuchsleiterin zum Versuchsfahrzeug geführt.

Vor der ersten Fahrt gibt die Versuchsleiterin einige Hinweise zum Fahrzeug. Es wird dabei explizit auf das Tachometer, das Display, den Gangwahlhebel und die Infrarot-Kamera hingewiesen. Anschließend erfolgt im Beisein der Versuchsleiterin die Eingewöhnungsfahrt (ca. 10 min) auf einem Landstraßen-Abschnitt. Dabei wird darauf hingewiesen, daß die StVO-Regelungen beachtet werden sollen. Während der Fahrt wird die Versuchsperson aufgefordert bis zum Stillstand abzubremesen, um sich mit der Reaktion des Fahrzeugs bzw. des Fahr-simulators vertraut zu machen.

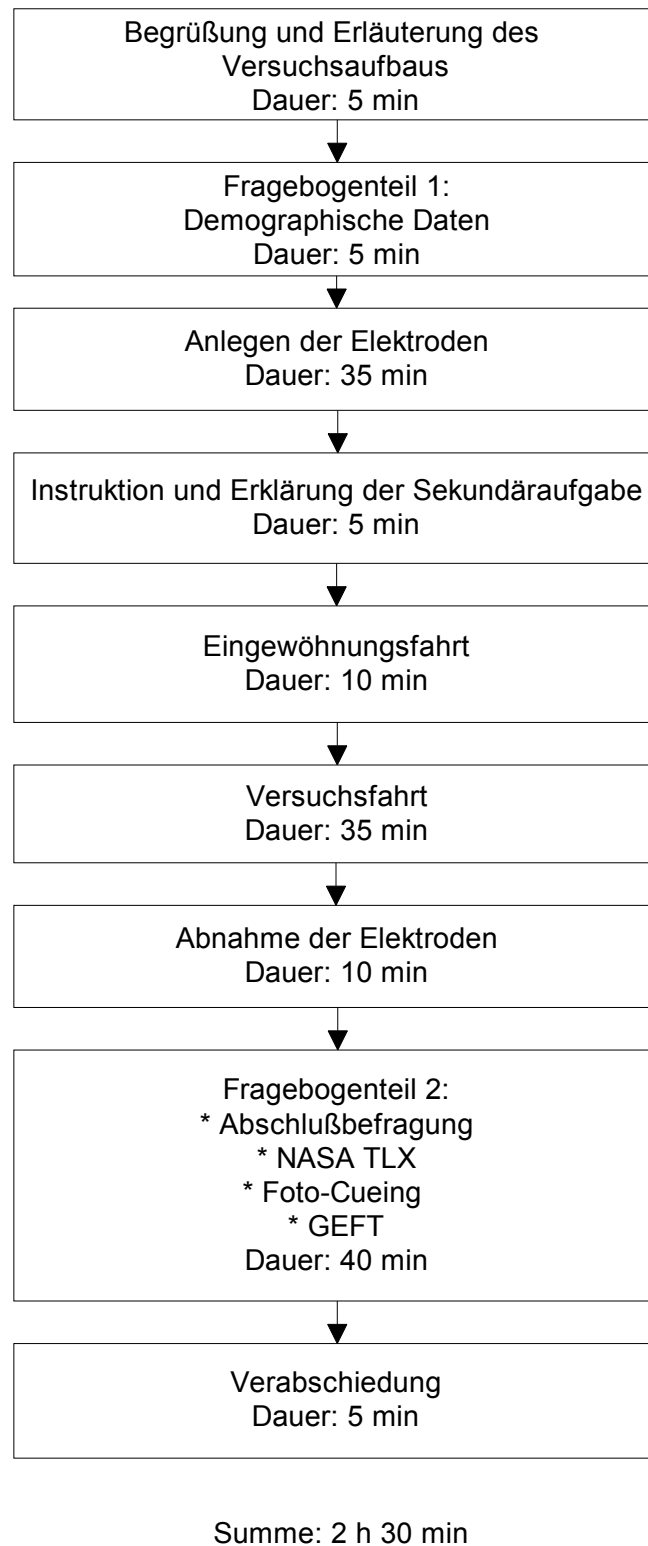


Abbildung 18: Versuchsablauf und Dauer

Bevor die Versuchsleiterin das Fahrzeug verläßt, erhält die Versuchsperson die Instruktionen für die Fahrt. Dabei wird ihr ein Szenario geschildert, in der sie unterwegs zu einem wichtigen Termin sei, zu dem sie pünktlich erscheinen müsse. Durch zügiges Fahren und bei Beachtung der geschwindigkeitsbeschränkenden Schilder könne das Ziel Berlin jedoch noch rechtzeitig

erreicht werden. Die eventuell vorhandenen langsameren Fahrzeuge können dabei – wie auch im realen Straßenverkehr – überholt werden. Weiterhin wird der Proband auf zwei auftretende Kreuzungssituationen aufmerksam gemacht, bei denen in Richtung Berlin abgebo-gen werden soll. Zum Schluß wird nochmals an die Zweitaufgabe erinnert, die in bestimmten Situationen durch einen Hinweiston eingeleitet wird. Da die Aufgaben nur für eine bestimmte Zeit präsent sein werden, müssen sie schnellstmöglich unter Berücksichtigung der Verkehrs-sicherheit bearbeitet werden. Allerdings hat die Verkehrssicherheit dabei Vorrang.

Nach der Versuchsfahrt wird die Versuchsperson wieder in einen der Versuchsräume geführt, wo ihr durch die MTA die Elektroden abgenommen werden. Die Versuchsperson erhält den zweiten Fragebogenblock mit folgenden Fragebögen: Abschlußfragebogen, NASA-TLX, Foto-Cueing und GEFT. Die Versuchsperson wird anschließend verabschiedet.

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Subjektive Maße

#### 4.1.1 Allgemeine Beschreibung der Population

Das durchschnittliche Alter bei den jüngeren Fahrern beträgt  $MW = 26.6$  Jahre, bei einer Standardabweichung von  $SD = 2.5$  Jahren. Bei den älteren Fahrern beträgt der Mittelwert  $MW = 58.3$  Jahre, die Standardabweichung  $SD = 4.3$  Jahre. Die meisten jüngeren Fahrer ( $n = 18$ ) besitzen eine Fahrerfahrung von 5 bis 10 Jahren. Bei den älteren Fahrern weisen die meisten eine Fahrerfahrung von 30 bis 40 Jahren auf (siehe Abbildung 19).

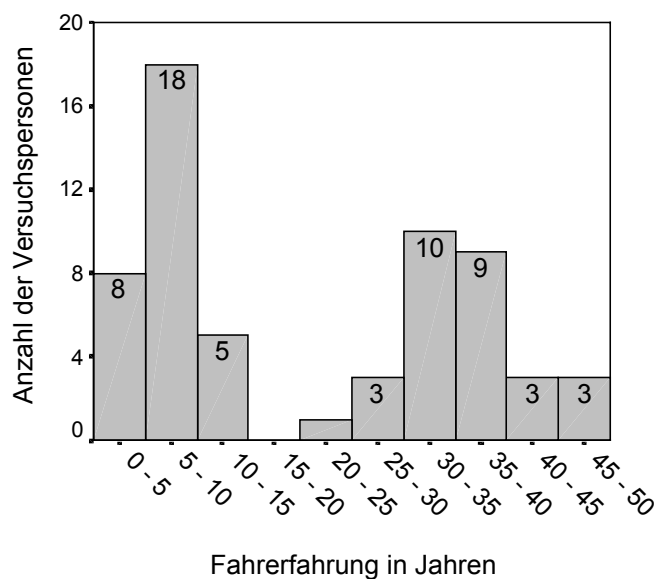


Abbildung 19: Fahrerfahrung der Versuchspopulation

Der Großteil der Versuchspersonen, d.h. 49 der 60 Probanden (82 %), hatten in den letzten zwei Jahren keinen Unfall (siehe Abbildung 20).

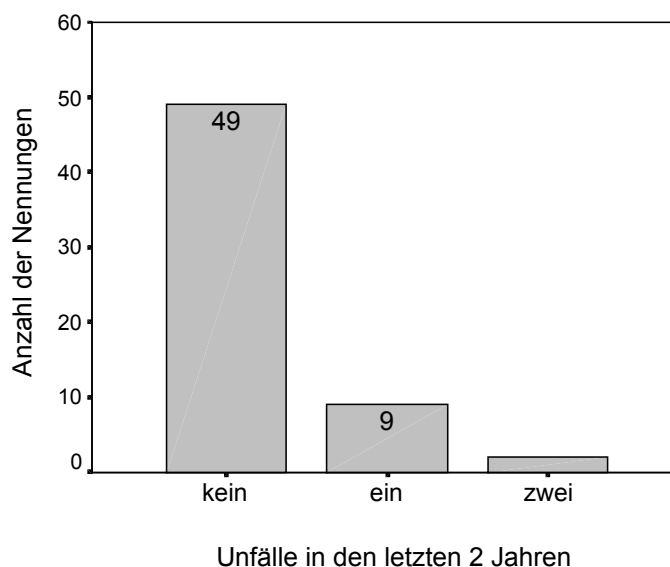


Abbildung 20: Anzahl der bisherigen Unfälle bei der Versuchspopulation

Wie in Abbildung 20 und Tabelle 19 dargestellt hatten neun Probanden einen und zwei Probanden zwei Unfälle. Nur ein Unfall davon wird von einer älteren Person angegeben.

Tabelle 19: Anzahl der Unfälle in Abhängigkeit vom Alter

Anzahl der Unfälle	‘Jung’	‘Alt’	Summe
kein	21	28	49
ein	8	1	9
zwei	2	0	2
Summe	31	29	60

#### 4.1.2 Abschlußfragebogen

Die Einstufung der Beeinflussung der Fahraufgabe (FA) durch die Sekundäraufgabe (SA) und umgekehrt auf einer 5-stufigen Rating-Skala (1: gar nicht bis 5: sehr stark) weist einen signifikanten Unterschied auf. Obwohl beide Aufgaben als gegenseitig beeinflussend angesehen werden, wird der negative Effekt bei der Fahraufgabe jedoch signifikant höher eingestuft ( $z = -2.6$ ,  $p < .009$ , siehe Abbildung 21). Der Mittelwert der Beeinflussung der Fahraufgabe ist  $MW = 3.75$ , bei der Sekundäraufgabe  $MW = 3.4$ .

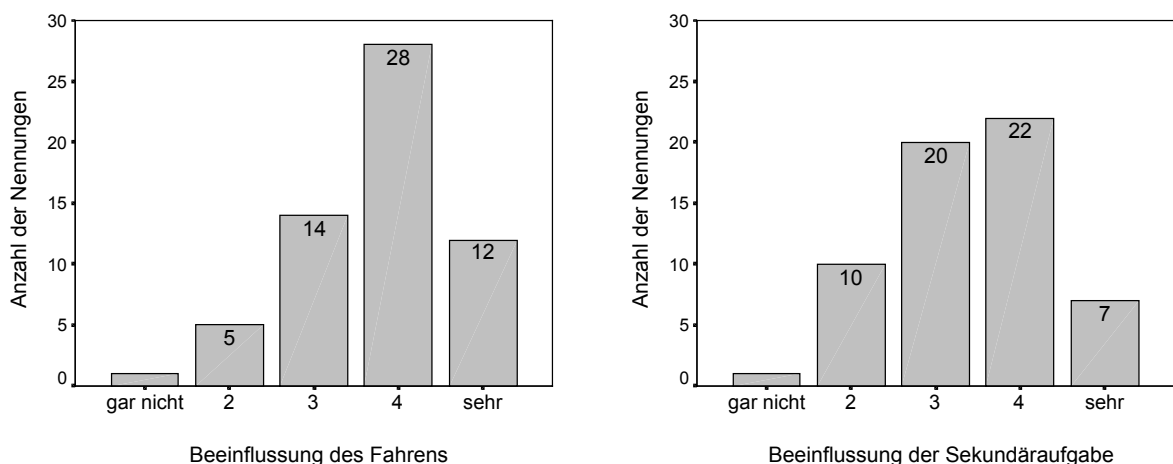


Abbildung 21: Beeinflussung des Fahrens und der Sekundäraufgabe  
(Skala: 1 = gar nicht, 5 = sehr stark)

Die Gruppenvariable Geschlecht weist in der Einschätzung der Beeinflussung der Zusatzaufgabe einen Trend ( $z = -1.7$ ,  $p < .083$ ) und in der Fahraufgabe einen signifikanten Effekt ( $z = -2.0$ ,  $p < .049$ ) auf. In beiden Fällen wird die negative Beeinflussung von den Frauen höher eingestuft als von den Männern. Bei den Männern ergibt sich bei der Beeinflussung der Fahraufgabe ein Mittelwert von  $MW = 3.5$ , bei den Frauen ein Mittelwert von  $MW = 4.0$ . Bei der Beeinflussung der Zusatzaufgabe weisen die Männer einen Mittelwert von  $MW = 3.2$  und die Frauen einen von  $MW = 3.6$  auf.

Die Variable Alter deutet weder bei der Beeinflussung der Fahr- als auch der Sekundäraufgabe auf einen Unterschied hin.

#### 4.1.3 NASA-TLX

Der Wilcoxon-Test zeigt bei den einzelnen Dimensionen, daß die Männer ein signifikant höheren Wert der Zufriedenheit bezüglich der Aufgabenerfüllung (Item 4) aufweisen als die Frauen ( $z = -2.83$ ,  $p < .005$ ; MW = 62.9 vs. MW = 46.0 Punkte respektive, siehe Abbildung 22). Die Dimension bezüglich der Unzufriedenheit (Item 6), d.h. das Maß, wie unzufrieden die Versuchspersonen mit der Erfüllung der Aufgabe sind, weist auf eine höhere Tendenz bei Frauen hin (MW = 51.1 vs. MW = 41.0;  $p < .06$ , siehe Abbildung 22<sup>13</sup>).

Somit empfinden Frauen eine höhere Unzufriedenheit bei der Aufgabenerfüllung und nehmen an, schlechter gefahren zu sein.

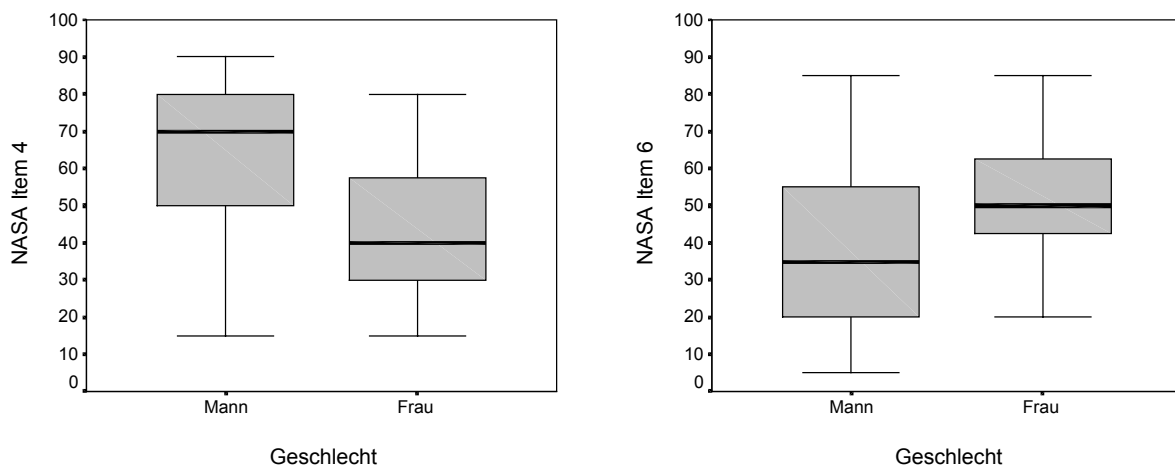


Abbildung 22: Mittelwert der Dimension NASA-TLX Item 4 (Grad der Aufgabenerfüllung, links) und Item 6 (Grad der Unzufriedenheit, rechts) in Abhängigkeit vom Geschlecht (Skala: 0 = gering, 100 = hoch)

Das Alter beeinträchtigt nicht die erlebten Beanspruchung innerhalb der einzelnen Dimensionen. Der Raw-NASA-TLX, d.h. die Summe der Einzelwerte des NASA-TLX, weist keine signifikante Effekte auf.

#### 4.1.4 Group Embedded Figure Test (GEFT)

Der Test zur Messung der Feldabhängigkeit, d.h. die Fähigkeit, Relevantes von Irrelevantem zu unterscheiden (siehe Kap. 2.9.1), erzielt die in Abbildung 23 dargestellten Werte. Nur 18%

<sup>13</sup> Erläuterung Boxplot: Der untere Rand der Box stellt das 25%-Perzentil, der obere Rand das 75%-Perzentil dar. Der Median wird durch den horizontalen Strich in der Box dargestellt. Die von der Box nach oben und unten ausgehenden vertikalen Linien geben den größten bzw. kleinsten beobachteten Wert an, der noch kein Ausreißer ist. Ein Wert wird als Ausreißer bezeichnet wenn er mehr als 1.5 Box-Längen vom 25%- bzw. 75%-Perzentil entfernt ist (Norušis, 1994).

( $n = 11$ ) der Versuchspersonen sind in der Lage die maximale Anzahl der Aufgaben (18 Punkte) zu bearbeiten.

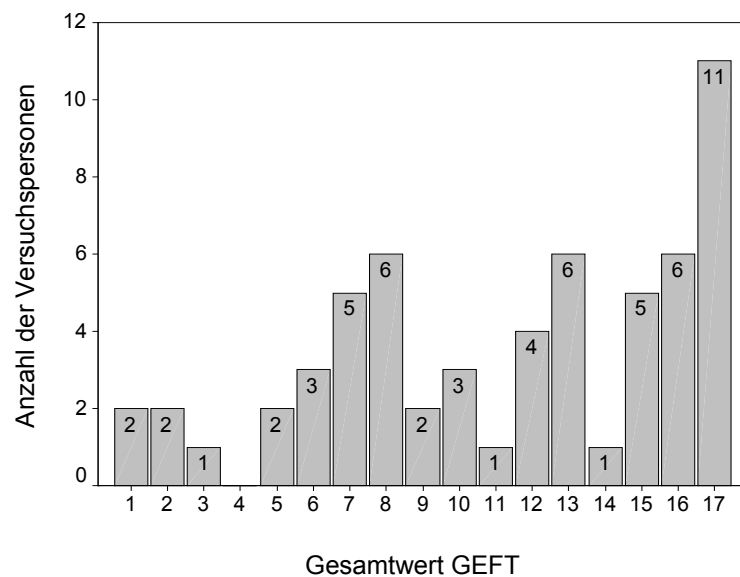


Abbildung 23: Verteilung der korrekt bearbeiteten Aufgaben beim GEFT

Die Analyse der Gesamtsumme des GEFT weist auf keinen Unterschied bei der Variable Geschlecht hin. In der Alterskategorie lässt sich jedoch ein signifikanter Effekt in der erwarteten Richtung feststellen. Die jüngeren Versuchspersonen weisen einen höheren Mittelwert auf als die älteren ( $z = -3.95$ ,  $p < .001$ ; 'Jung':  $MW = 14.7$  vs. 'Alt':  $MW = 9.5$ , siehe Abbildung 24).

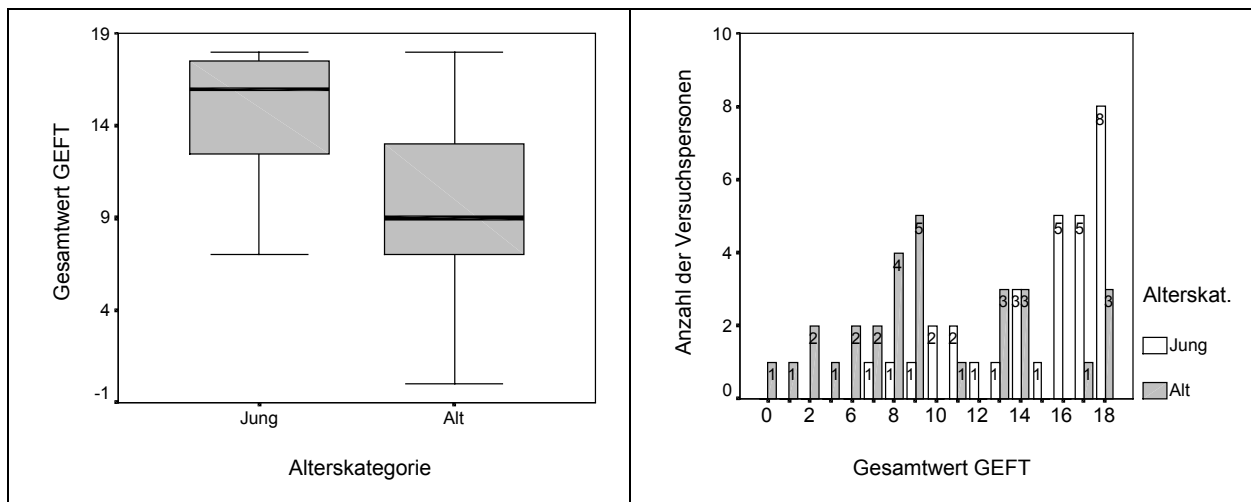


Abbildung 24: Erzielte Mittelwerte (links) und Verteilung (rechts) der Gesamtwerte des GEFT in Abhängigkeit vom Alter

#### 4.1.5 Erlebte Beanspruchung (Foto-Cueing)

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die Werte bei der Beurteilung der erlebten Beanspruchung, die durch das Foto-Cueing pro Situation erhoben werden, ergeben bei der Gegenüberstellung von Baseline, einfache und komplexen Situationen folgendes Bild:

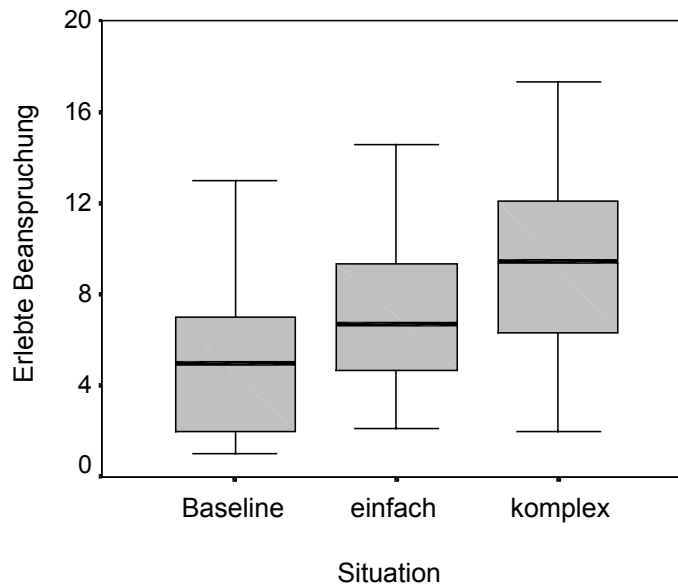


Abbildung 25: Durchschnittliche erlebte Beanspruchung bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen (Skala: 0 = nicht beanspruchend, 20 = beanspruchend)

Die Baseline stellt mit  $MW = 5.6$  die Situation mit der niedrigsten erlebten Beanspruchung dar. Die zweithöchste ist bei den einfachen Situationen ( $MW = 7.1$ ) und die höchste bei den komplexen Situationen ( $MW = 9.4$ ) zu finden. Alle Unterschiede sind dabei auf  $p < .001$  signifikant (BL vs. einfach:  $z = -4.0$ ; BL vs. komplex:  $z = -5.3$ ; einfach vs. komplex:  $z = -5.6$ ). Die anderen Variablen weisen keinen signifikanten Einfluß auf die Bewertung auf.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Beim Vergleich basierend auf Analyseeinheit 2 zeigt sich, daß die Baseline ( $MW = 5.6$ ) und die einfachen Autobahn-Abschnitte ( $MW = 5.7$ ) die niedrigste Beanspruchung besitzen; gefolgt von der signifikant höheren einfachen Landstraße ( $MW = 8.5$ ), die sich wiederum nicht von der komplexen Landstraße ( $MW = 9.2$ ) unterscheidet. Der signifikant höchste Wert ist mit  $MW = 10.2$  bei der komplexen Autobahn zu finden. Dieser Abschnitt ist lediglich tendenziell höher als bei dem komplexen Landstraßen-Abschnitt. Alle statistisch bedeutsamen Vergleiche sind auf  $p < .001$  signifikant.



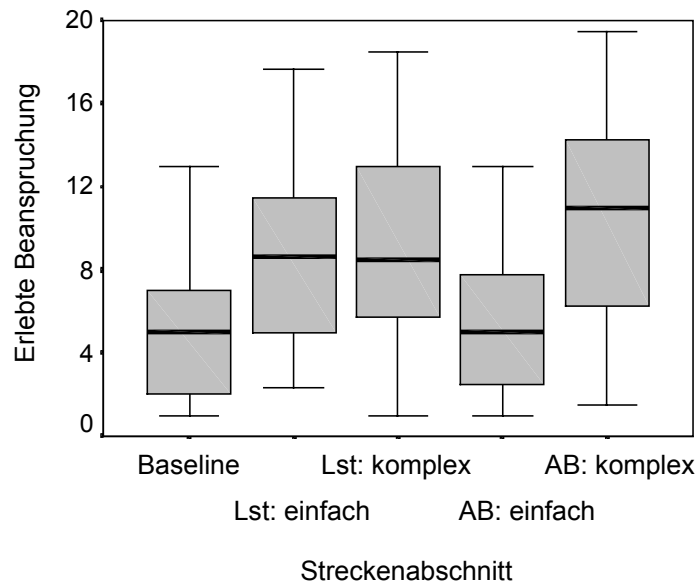


Abbildung 26: Durchschnittliche erlebten Beanspruchung bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten (Skala: 0 = nicht beanspruchend, 20 = beanspruchend)

Weder die Variable Alter noch Geschlecht wirken sich auf die Einschätzung der Beanspruchung aus.

#### 4.1.6 Bearbeitung der Sekundäraufgabe unter normalen Umständen

Für die folgenden Betrachtungen wird die Anzahl der Nein-Antworten auf die Frage "Hätten Sie unter normalen Umständen die Zugverbindung herausgesucht?" berücksichtigt. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Situationen in den jeweiligen Situations- bzw. Streckenabschnitten (z.B. einfach und komplex) wird die Summe der Nein-Antworten in Prozent-Werten dargestellt.

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Bei dieser Analyse wird deutlich, daß lediglich die verschiedenen Situationen einen signifikanten Effekt aufweisen. Der niedrigste Wert der Nein-Antworten ist mit fast 62 % bei der Baseline bzw. mit 67 % bei den einfachen Situationen zu finden. Im Vergleich dazu ergibt sich bei den komplexen Situationen zu 81 % eine ablehnende Haltung diese Aufgabe unter normalen Umständen zu bearbeiten ( $p < .001$ ).

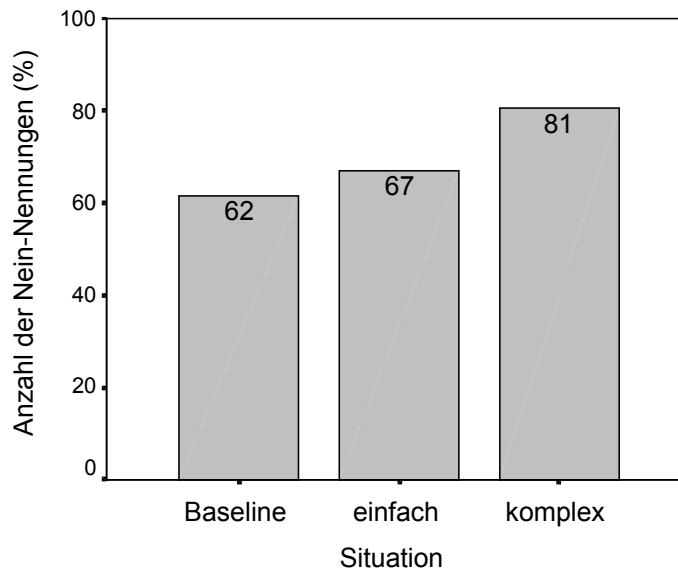


Abbildung 27: Anteil der Nein-Antworten bei Frage ob Sekundäraufgabe unter normalen Umständen bearbeitet würde, bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Wie auch schon bei der Analyseeinheit 1 ist bei den Streckenabschnitten ebenfalls ein signifikanter Effekt vorhanden. Der niedrigste Werte kann wieder bei der Baseline mit fast 63 % beobachtet werden, der sich damit nicht von den einfachen Autobahn-Abschnitten (66 %) unterscheidet. Die Werte dieser beiden Streckenabschnitten sind wiederum niedriger (mindestens  $p < .05$ ) als die bei den einfachen bzw. komplexen Landstraßen-Abschnitten, die sich jedoch nicht voneinander unterscheiden (73 % vs. 74 % respektive). Den höchsten Wert liefern die komplexen Autobahn-Abschnitte mit 88 % an Nein-Antworten ( $p < .001$ ).

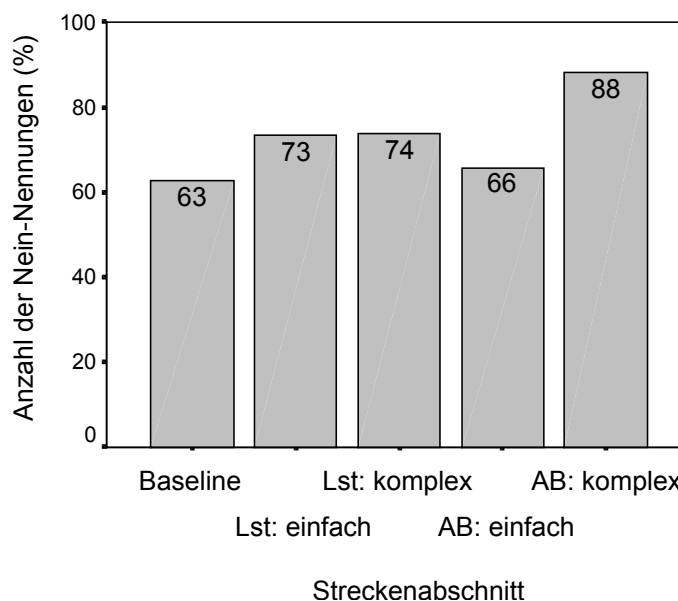


Abbildung 28: Anteil der Nein-Antworten bei Frage ob Sekundäraufgabe unter normalen Umständen bearbeitet würde bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

#### 4.1.7 Erlebte Beanspruchung und Bereitschaft zur Sekundäraufgabenbearbeitung

Im folgenden Abschnitt wird der Frage nachgegangen, ob ein Zusammenhang zwischen der geäußerten Verneinung die Sekundäraufgabe unter normalen Umständen zu bearbeiten, d.h. beim Fahren außerhalb der Experimentalsituation, und der erlebten Beanspruchung in den jeweiligen Situationen besteht. Hierzu wird pro Situations- bzw. Streckenabschnitt eine Produkt-Moment-Biseriale Korrelation gerechnet (Bortz, 1993).

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Wie zu erwarten ist, ergibt sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Unwillen die Sekundäraufgabe zu bearbeiten und der Höhe der erlebten Beanspruchung. Dies trifft sowohl bei den einfachen als auch bei den komplexen Situationen zu. Die Korrelation bei den einfachen Abschnitten beträgt dabei  $r = .69$  ( $p < .001$ ) und bei den komplexen  $r = .74$  ( $p < .001$ ). Die durchschnittliche Anzahl der Ja-Antworten bei den einfachen Situationen ist  $MW = 13.5$ , bei den komplexen  $MW = 6.9$ . Der Mittelwert bei der Anzahl der Nein-Antworten ist bei den einfachen  $MW = 54.9$  und bei den komplexen  $MW = 48.7$ .

##### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Auch hier zeigt sich bei allen Streckenabschnitten der Zusammenhang der bereits bei der Analyseeinheit 1 zu sehen war. Einer der stärksten Zusammenhänge ist beim komplexen Autobahn-Abschnitt aufzufinden mit  $r = .74$  ( $p < .001$ ). Die weiteren Korrelationskoeffizienten sind Tabelle 20 zu entnehmen.

Tabelle 20: Korrelationskoeffizienten: fehlender Bereitschaft zur Sekundäraufgabenbearbeitung und erlebter Beanspruchung

Streckenabschnitte	Korrelation (Sign. Niv.)	Mittelwert
Baseline	$r = .78$ ( $p < .001$ )	Ja: 3 Nein: 28.3
Lst: einfach	$r = .21$ ( $p < .05$ )	Ja: 4.3 Nein: 7.8
Lst: komplex	$r = .66$ ( $p < .001$ )	Ja: 3 Nein: 20.8
AB: einfach	$r = .40$ ( $p < .001$ )	Ja: 7.0 Nein: 15.4
AB: komplex	$r = .74$ ( $p < .001$ )	Ja: 2.7 Nein: 27.9

#### 4.1.8 Diskussion subjektiver Maße

Wie zu erwarten ist, wird bei den Probanden die Beeinflussung der Fahraufgabe durch die Sekundäraufgabe recht hoch eingeschätzt. Innerhalb der 5-stufigen Skala ergeben sich auf den äußeren zwei Randwerten, die eine starke Beeinflussung des Fahrens darstellen, rund 67 % (40 von 60) aller Nennungen. Verglichen dazu ergeben sich bei der Beeinflussung der

Sekundäraufgabe 29 von 60 Nennungen (48 %). Die Frauen scheinen hierbei eine größere Beeinflussung bei der Doppelaufgaben-Situation zu erleben als die Männer.

Ein klarer Alterseffekt wird deutlich wenn man die Ergebnisse des GEFT betrachtet. Es fällt den älteren Menschen schwerer Unwichtiges von Wichtigem zu unterscheiden. Wie die Ergebnisse zeigen, können sie durchschnittlich nur rund 53 % der Aufgaben lösen, während die jüngeren durchschnittlich rund 82 % richtig bearbeiten. Dies stimmt mit den Ergebnisse von Witkin et al. (1971) überein und sollte auch im Zusammenhang stehen mit der Leistung in der Sekundäraufgabe. Insbesondere bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe, bei der neben der hohen Target-Distraktor-Diskriminabilität auch ein farblich gekennzeichnete invalider Cue vorhanden ist, sollte sich eine Feldabhängigkeit in einer geringen Anzahl an bearbeiteten Aufgaben bemerkbar machen.

Bei der Analyse der erlebten Beanspruchung erweist sich, unabhängig von der Berechnungsart, der kleinste Wert bei der Baseline. Während bei der Analyseeinheit 1 die erlebte Beanspruchung mit dem Schwierigkeitsgrad der Situationen steigt, ergibt sich bei der Analyseeinheit 2 ein differenzierteres Bild. So wird die Beanspruchung bei der Baseline gleich hoch empfunden wie bei den einfachen Autobahn-Abschnitten. Die beiden Landstraßen-Abschnitte werden im mittleren Feld der Bandbreite der erlebten Beanspruchung eingestuft. Die höchste Beanspruchung wird neben der komplexen Landstraße, bei den komplexen Autobahn-Abschnitten empfunden, die u.a. dadurch gekennzeichnet sind, daß sie schnelle Entscheidungen und Reaktionen den Fahrern abverlangen.

Der Grad der Beanspruchung spiegelt sich fast vollständig in der Äußerung wieder, ob diese Aufgabe außerhalb der Versuchsbedingung bearbeitet werden würde. Nach den Ergebnissen der Analyseeinheit 1 würden die Versuchspersonen in der Baseline zu 62 % bzw. in den einfachen Situationen zu 67 % die Sekundäraufgabe nicht bearbeiten. Bei den komplexen Abschnitten geben die Probanden sogar zu 81 % an die Sekundäraufgabe unter normalen Umständen nicht zu bearbeiten. Somit folgt aus der Verneinung die Aufgaben zu bearbeiten auch die angegebene erlebte Beanspruchung. Auch wenn grundsätzlich nicht aus subjektiv geprägten Äußerungen das tatsächliche Verhalten abgeleitet werden kann, so wird hier dennoch ein erlebter qualitativer Unterschied zwischen den verschiedenen Komplexitätsstufen deutlich. Bei der Analyseeinheit 2 ergeben sich ähnliche Zusammenhänge. Wie die differenzierte Betrachtung verdeutlicht, würden die Fahrer in rund 90 % der Fälle bei der komplexe Autobahn keine Sekundäraufgabe bearbeiten. Am ehesten wären sie zur Bearbeitung einer Zusatzaufgabe während der Baseline (63 %) bzw. während den einfachen Autobahn-Abschnitten (66 %) bereit.

Die hohe Anzahl der negativen Äußerung eine Sekundäraufgabe bei der Baseline zu bearbeiten wird plausibel, wenn man die Aussagen der Probanden beim Ausfüllen des Fragebogens mit berücksichtigt. So geben viele Versuchspersonen beispielsweise bei der Situation in der ein Radfahrer überholt werden soll (B3) an, daß hier eine genaue Beobachtung notwendig

ist. Begründet wird das damit, daß es oft nicht vorherzusehen ist wie sich dieser ‘ungeschützte’ Verkehrsteilnehmern verhält. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß die Probanden erwartungskonform antworten. Ob die Fahrer tatsächlich Ihr Verhalten hinsichtlich der Bearbeitung einer Zusatzaufgabe anpassen würden könnte jedoch lediglich in Feldversuchen und einem anderen Versuchsdesign untersucht werden.

Wie gesehen werden kann hängt die Verneinung die Sekundäraufgabe zu bearbeiten mit der Höhe der erlebte Beanspruchung zusammen. Der höchste Korrelationskoeffizient ist bei den komplexen Situationen, insbesondere bei der komplexen Autobahn aufzufinden.

## 4.2 Leistungsmaße

### 4.2.1 Leistung in der Sekundäraufgabe

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Bis auf den Faktor Geschlecht weisen alle Vergleiche einen signifikanten Unterschied auf. So werden mehr Aufgaben bei den einfachen als bei den komplexen Verkehrssituationen richtig gelöst [ $F(1,54) = 60.78$ ,  $p < .001$ ]. Der Mittelwert von  $MW = 4.70$  bei den einfachen Abschnitten liegt rund eine Aufgabe höher als bei den komplexer mit  $MW = 3.76$  (siehe Abbildung 29).

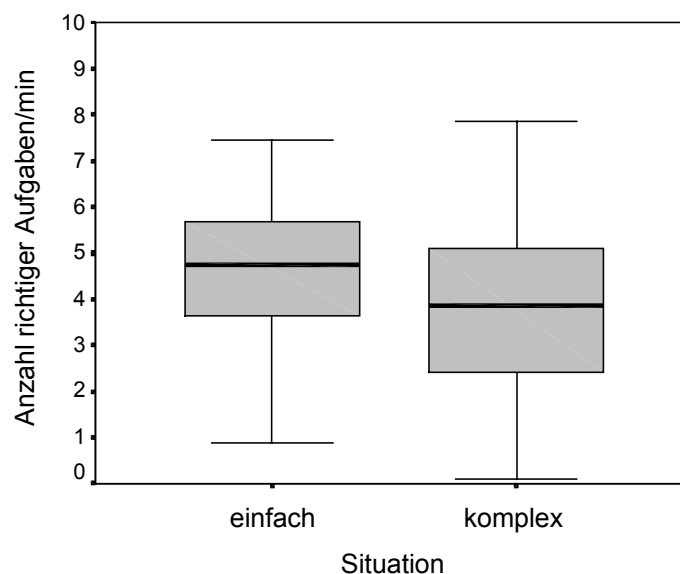


Abbildung 29: Durchschnittliche Anzahl richtig gelöster Sekundäraufgabe bei einfachen und komplexen Situationen

Betrachtet man die Leistung in Abhängigkeit von der Sekundäraufgabenkomplexität, so ergeben sich bei den niedrig-komplexen Sekundäraufgaben ( $MW = 4.89$ ) mehr richtige Lösungen als bei den komplexen [ $MW = 3.56$ ;  $F(1,54) = 27.25$ ,  $p < .001$ ].

Die 3-faktorielle Interaktion zwischen Situation x Sekundäraufgabenkomplexität x Alter weist darauf hin, daß bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe eine signifikante Interaktion zwischen Situationskomplexität x Alter vorherrscht [ $F(1,54) = 5.03$ ;  $p < .03$ ]. Wie auch in

Abbildung 30 zu erkennen ist, nimmt die Anzahl der richtig bearbeiteten Aufgaben mit Zunahme des Schwierigkeitsgrads der Verkehrssituationen und des Alters ab.

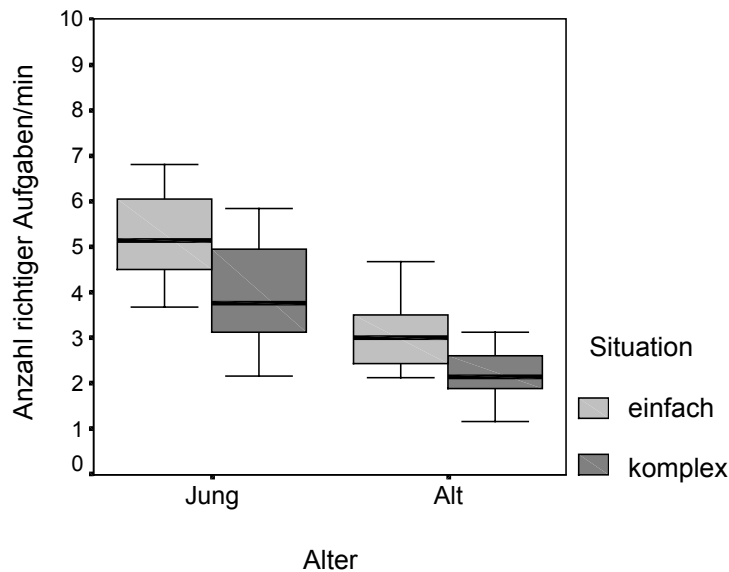


Abbildung 30: Durchschnittliche Anzahl richtig gelöster **hoch-komplexer Sekundäraufgaben** bei einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Wieder einmal wird deutlich, daß mehr Aufgaben bei den einfachen (MW = 4.9) als bei den komplexen (MW = 4.2) Streckenabschnitten richtig bearbeitet werden können [ $F(1,41) = 13.6, p < .001$ ]. Die Interaktion zwischen Streckenkomplexität x Streckenabschnitten [ $F(1,41) = 4.3, p < .045$ ] zeigt, daß bei den einfachen Autobahn-Abschnitten die meisten Aufgaben bearbeitet werden, mit durchschnittlich MW = 5.1 Aufgaben pro Minute, gefolgt von der einfachen Landstraße, mit MW = 4.6 Aufgaben pro Minute ( $p < .05$ ). Die geringste Anzahl ist bei der komplexen Autobahn mit MW = 4.2 Aufgaben pro Minute bzw. der komplexen Landstraße mit MW = 4.3 Aufgaben pro Minute aufzufinden (siehe Abbildung 31). Diese Abschnitte unterscheiden sich dabei nicht voneinander.

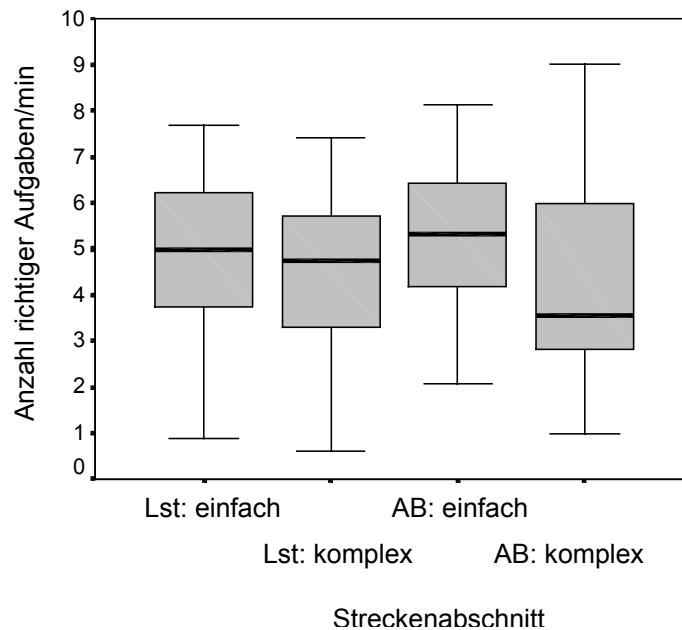


Abbildung 31: Durchschnittliche Anzahl richtig gelöster Sekundäraufgabe bei einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Der Haupteffekt bei der Variablen Alter deutet darauf hin, daß jüngere Fahrer mehr Aufgaben bearbeiten als ältere [ $F(1,41) = 19.9$ ,  $p < .001$ ,  $MW = 5.2$  vs.  $MW = 3.9$ , respektive].

Die Interaktion von Streckenkomplexität x Alter [ $F(1,41) = 5.4$ ,  $p < .025$ ] zeigt, daß eine Abnahme der Leistung mit dem Alter bei einfachen als auch bei komplexen Streckenabschnitten auftritt. Darüber hinaus weisen jüngere Fahrer eine höhere Leistung bei einfachen als bei komplexen Streckenabschnitten auf ( $MW = 5.8$  vs.  $MW = 4.7$ , siehe Abbildung 32). Ältere Fahrer unterscheiden sich mit einer durchschnittlichen Aufgabenerfüllung von  $MW = 4.0$  bei den einfachen und  $MW = 3.8$  bei den komplexen Streckenabschnitten nicht voneinander.

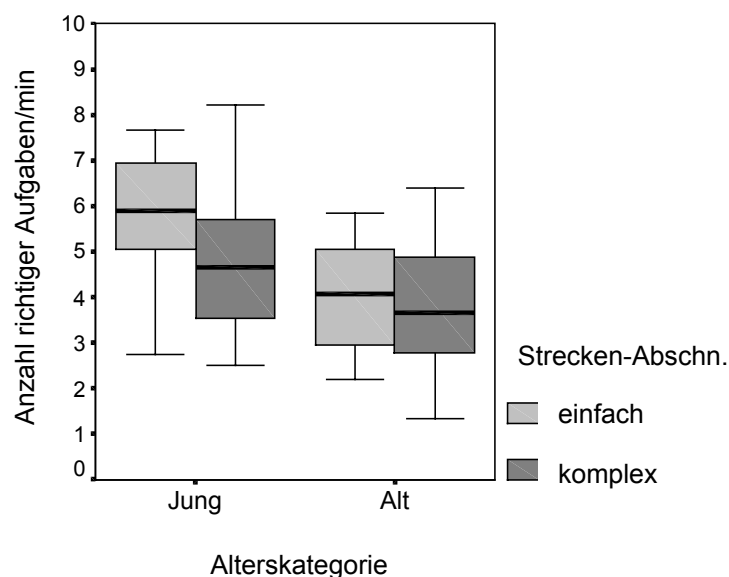


Abbildung 32: Durchschnittliche Anzahl richtig gelöster Sekundäraufgabe bei einfachen und komplexen Streckenabschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Der Effekt der Sekundäraufgabe [ $F(1,41) = 25.8, p < .001$ ] weist auf einen Unterschied mit  $MW = 5.3$  Aufgaben pro Minute bei den niedrig-komplexen und  $MW = 3.8$  Aufgaben pro Minute bei den hoch-komplexen Sekundäraufgaben hin.

#### 4.2.2 Zusammenhang zwischen Anzahl richtig gelöster Sekundäraufgaben und GEFT

Für die Berechnung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben und der Feldabhängigkeit bzw. -unabhängigkeit wurden die GEFT-Werte in vier Quantile umgerechnet.

Die Analyse zwischen der Anzahl richtig gelöster Sekundäraufgaben und dem GEFT zeigt eine signifikant positive Korrelation ( $r = .16, p < .05$ ). Somit steigt die Leistung in der Sekundäraufgabe mit der Feldunabhängigkeit.

Dieser Zusammenhang ist jedoch lediglich durch die hoch-komplexe Sekundäraufgabe bedingt. Während es keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der richtig gelösten niedrig-komplexen Sekundäraufgaben und der GEFT-Leistung gibt, ist dieser hoch signifikant bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabenleistung ( $r = .50, p < .003$ ). Hier ergibt sich beim ersten Quantil ein Mittelwert von  $MW = 2.5$ , beim zweiten von  $MW = 3.1$ , beim dritten von  $MW = 3.2$  und schließlich beim vierten von  $MW = 3.9$  Sekundäraufgaben pro Minute. In Abbildung 33 ist dieser Anstieg der Zweitaufgabenleistung mit den Quantilen des GEFT dargestellt.

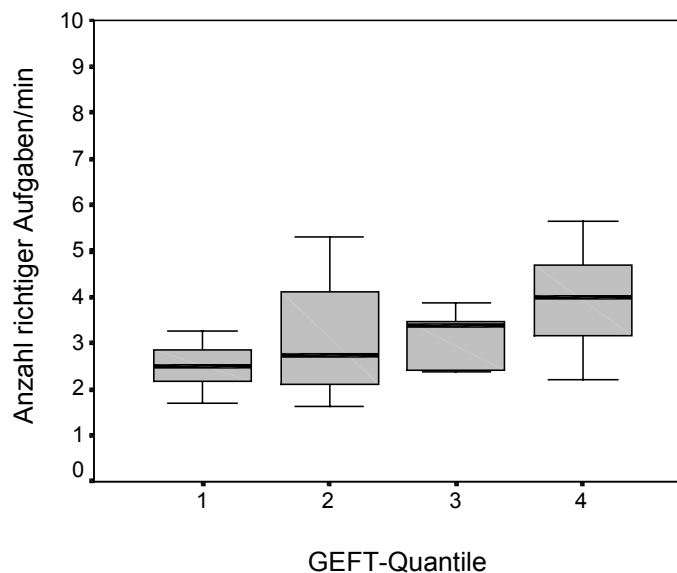


Abbildung 33: Durchschnittliche Anzahl richtig gelöster **hoch-komplexer Sekundäraufgaben** in Abhängigkeit von GEFT-Quantilen

Interessanterweise sind keine Zusammenhänge zwischen Sekundäraufgabenleistung und GEFT vorhanden wenn die Gruppen 'Jung' und 'Alt' separat betrachtet werden.



### 4.2.3 Diskussion Sekundäraufgabe

Allgemein kann bei der Betrachtung der Ergebnisse der Zweitaufgabe festgestellt werden, daß unabhängig von der Berechnungsart, d.h. der Zusammenfassung der Situationen in einfach und komplex nach AE 1 oder nach einfachen und komplexen Autobahn- bzw. Landstraßen-Abschnitten, die Sekundäraufgabenkomplexität einen Effekt auf die Leistung in erwarteter Richtung hat. Es werden mehr niedrig- als hoch-komplexe Aufgaben bearbeitet. Es zeigt sich ebenfalls, daß bei Anstieg der Verkehrskomplexität auch eine Minderung der Sekundäraufgabenleistung stattfindet. Dies trifft unabhängig von der Art der Zusammenfassung der Situationen zu. Bei der differenzierteren Betrachtung wird zudem deutlich, daß mehr Aufgaben bei der bei einfachen Autobahn als bei den einfachen Landstraßen-Abschnitten bearbeitet werden können, während kein Unterschied zwischen den komplexen Streckenabschnitten auftritt.

Die gleiche Aufgabenleistung bei der komplexen Autobahn und komplexen Landstraße, kann u.a. an den von den Probanden gesetzten Anforderungen an ihre Performanz liegen. Verglichen mit den einfachen Abschnitten könnte es auch sein, daß die zusätzlichen Ressourcen, die bei den komplexen Situationen benötigt werden, kein höheres Aufgaben-Leistungsniveau erlauben. Bei den komplexen Abschnitten sollten demnach eher verkehrskritische Ereignisse auftreten als bei den einfachen.

Bei beiden Berechnungsarten erweist sich die Variable Alter als Einflußgröße. Die Gruppe 'Jung' löst mehr Aufgaben als die Gruppe 'Alt'. Zudem tritt bei der Berechnung nach Streckenabschnitten und Komplexität ein Effekt dahingehen auf, daß die jüngeren Fahrer, in Abhängigkeit von der Komplexität der Strecke, mehr Aufgaben bei den einfachen als bei den komplexen Streckenabschnitten lösen. Bei den älteren Fahrern tritt dieser Effekt nicht auf.

Bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe zeigt sich zudem mit der Berechnung nach Analyseeinheit 1, daß mit zunehmendem Alter und Situationskomplexität die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben abnimmt.

Der erwartete Zusammenhang zwischen der Feldabhängigkeit und der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben kann hier nachgewiesen werden. Dieser basiert jedoch lediglich auf der Leistung in der hoch-komplexen Sekundäraufgabe. Wie bereits erwähnt, wird hier anhand eines invaliden farblichen Cues der Suchprozeß erschwert. Die Aufmerksamkeit wird somit auf irrelevante Städtenamen gelenkt. Aufgrund der Fähigkeit Wichtiges von Unwichtigem zu unterscheiden läßt sich somit auch die Leistung bei einer Identifikationsaufgabe vorhersagen. Da diese immer ein Bestandteil bei der Bedienung von Systemen in Fahrzeugen sein wird, könnte man diesen Test dazu verwenden Personengruppen, die für Studien relevant sind, vorab zu identifizieren. Bei Worst-Case-Betrachtungen sollten dann nur Probanden mit niedrigen GEFT-Werten herangezogen werden.

#### 4.2.4 Verhaltensdaten

##### 4.2.4.1 Navigationsfehler

In 20 % ( $n = 24$ ) der Situationen in denen eine Navigationsaufgabe notwendig ist (60 Vp's x 2 Kreuzungssituationen = Gesamtanzahl 120) kommt es zu einem Navigationsfehler. D.h. die Versuchspersonen fahren in eine falsche Richtung weiter, indem sie nicht in Richtung Berlin den Schildern folgend abbiegen.

Zudem ist zu erkennen, daß fast viermal so viele Navigationsfehler bei den komplexen wie bei den niedrig-komplexen Sekundäraufgaben ( $n = 19$  vs.  $n = 5$  respektive,  $\chi^2 = 8.17$ ,  $p < .004$ ) gemacht werden. Die genaue Verteilung der auftretenden Navigationsfehler ist in Tabelle 21 beschrieben. Betrachtet man nur die einmaligen Navigationsfehler ergibt sich ebenfalls ein signifikanter Effekt der Sekundäraufgabenschwierigkeit mit 5 Navigationsfehlern bei der niedrig- und 16 bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe ( $\chi^2 = 5.76$ ,  $p < .016$ ). Wie weiterhin erkennbar ist treten nur im Zusammenhang mit den hoch-komplexen Sekundäraufgaben bei drei Fahrern an beiden Kreuzungen Navigationsfehler auf.

Tabelle 21: Anzahl Navigationsfehler in Abhängigkeit von Sekundäraufgabenkomplexität

	Niedrige Sekundär- aufgaben- komplexität	Hohe Sekundär- aufgaben- komplexität	Summe
einmaligen Navigationsfehler	5	16	21
zweimaligen Navigationsfehler	0	3	3
Summe	5	19	24

Der Unterschied zwischen der Anzahl der Navigationsfehler bei den niedrig- und hoch-komplexen Sekundäraufgaben ist jedoch auf die älteren Autofahrer zurückzuführen. Wie auch in Abbildung 34 dargestellt ist, unterscheidet sich die Gesamtanzahl der Navigationsfehler bei den jüngeren und älteren Autofahrer fast nicht ( $n = 10$  vs.  $n = 11$  respektive). Auch die Anzahl der Fehler bei den jüngeren Fahrern bei der niedrig- vs. hoch-komplexen Sekundäraufgabe sind ähnlich hoch ( $n = 4$  vs.  $n = 6$ , respektive). Bei den älteren Fahrern hingegen ergibt sich bei der Bearbeitung der niedrig-komplexen Sekundäraufgaben nur ein Abbiegefehler, während die Anzahl bei der hoch-komplexen auf 10 ansteigt ( $\chi^2 = 7.36$ ,  $p < .007$ ).

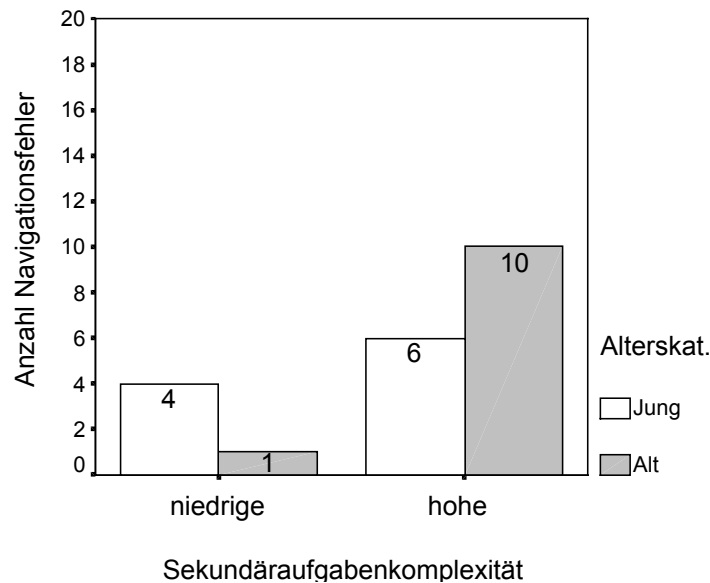


Abbildung 34: Anzahl einmaliger Navigationsfehler bei niedrig- und hoch-komplexen Sekundäraufgaben in Abhängigkeit vom Alter

#### 4.2.4.2 Sicherungsverhalten

Betrachtet wird das Sicherungsverhalten, d.h. der Blick in den Innen- oder Außenspiegel bei den Überholvorgängen, das anhand des Verhaltensbeobachtungsbogen (siehe Anhang 7) erfaßt wird. Registriert wird das Sichern nach vorne und nach hinten.

Die Analyse weist darauf hin, daß die Fahrer – mit wenigen Ausnahmen – immer sichern. Dies ist sowohl in den Situationen ohne, als auch mit Sekundäraufgaben der Fall (siehe Tabelle 22). So wird in den beobachteten Situationen insgesamt 168 mal gesichert und 7 mal nicht gesichert während der Bearbeitung der Sekundäraufgaben. Wie Tabelle 22 entnommen werden kann, handelt es sich dabei nach der Kategorisierung von Gstalter et al. (1998) um eine komplexe (Situation 1) und zwei einfache Verkehrssituationen (Situation 15 und 17). Bei den Situationen ohne Sekundäraufgabe wird lediglich beim Überholen auf der Autobahn (B6) nur einmal nicht gesichert. In der Situation 4 (B3, einfache Verkehrssituation) hingegen 24 mal. In dieser Situation, in der ein Radfahrer auf einer Landstraße überholt wird, scheinen 40 % der Versuchspersonen Sichern nicht für notwendig zu halten. Dies kann evtl. durch die Übersichtlichkeit und den geringen Verkehr auf dem Streckenabschnitt erklärt werden.

Tabelle 22: Sicherungsverhalten in Überholsituationen mit und ohne Sekundäraufgabe

Mit Sekundäraufgabe	Anzahl Überholvorgänge <sup>14</sup>	nicht Sichern	vorne Sichern	hinten Sichern	vorne und hinten Sichern	Gesamt Sichern
Situation 1	24	2	14	2	8	24
Situation 9	3	-	-	6	-	6

<sup>14</sup> Aus Systemgründen ist es in einigen Fällen zu Ausfällen der Überholsituationen gekommen

Situation 10	40	-	-	36	-	36
Situation 11	19	-	-	15	-	15
Situation 15	53	3	9	5	29	43
Situation 17	50	2	11	9	24	44
<b>Ohne Sekundäraufgabe</b>						
Situation B3	60	24	-	34	-	34
Situation B5	22	-	-	20	-	20
Situation B6	55	1	-	53	-	53

Die Differenz in einigen Situationen zwischen der Anzahl der Überholvorgänge und der Anzahl des Sicherungsverhaltens kommt dadurch zustande, daß in einigen Fällen nicht sicher gesagt werden kann, ob gesichert wird.

Die Gegenüberstellung der Überholvorgänge und Sicherungsverhalten in den jeweiligen Situationen ist Abbildung 35 zu erkennen.

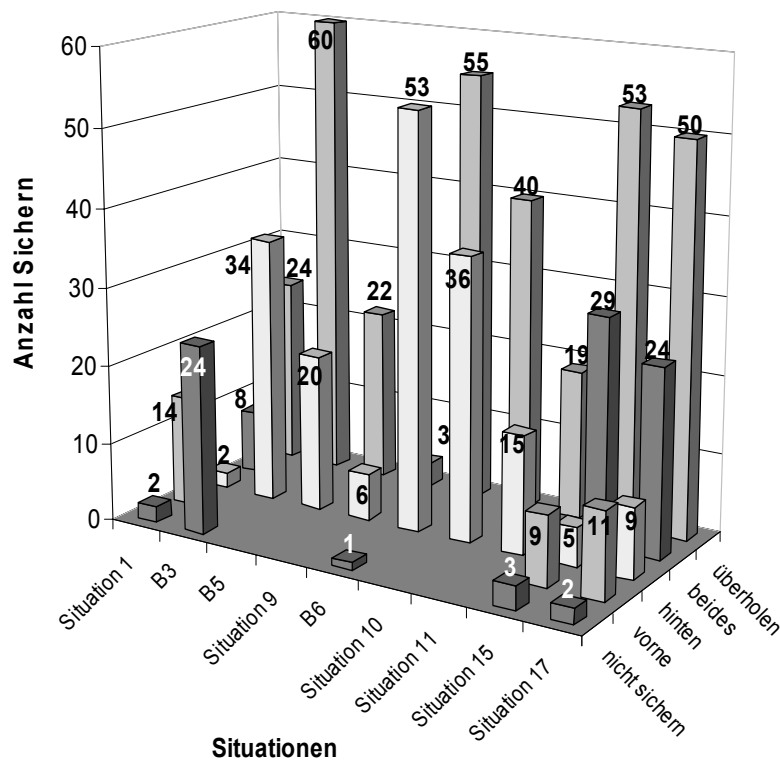


Abbildung 35: Sicherungsverhalten in Überholsituationen mit und ohne Sekundäraufgabe (ohne SA: B3, B5, B6)

Die genauere Betrachtung der Fälle bei denen nicht gesichert wird deutet darauf hin, daß das Sicherungsverhalten nicht durch die Sekundäraufgabenschwierigkeit beeinflusst wird. Tendenziell zeigt sich ein Effekt der Variable Alter ( $\chi^2 = 3.57$ ,  $p < .059$ ), mit mehr Verstößen bei den älteren ( $n = 6$ ) als bei den jüngeren ( $n = 1$ ) Fahrern. Die Verstöße der einzelnen Situationen sind in Tabelle 23 aufgeführt.

Tabelle 23: Situationen mit fehlendem Sicherungsverhalten in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

		Mann	Frau	Anzahl
<b>Niedrige Sekundäraufgabenkomplexität</b>	<b>‘Jung’</b>	-	B6 (ohne SA)	(1 ohne SA)
	<b>‘Alt’</b>	Sit. 1, Sit. 15	Sit. 1, Sit. 17	4
<b>Hohe Sekundäraufgabenkomplexität</b>	<b>‘Jung’</b>	Sit. 15	-	1
	<b>‘Alt’</b>	-	Sit. 15, Sit. 17	2
<b>Summe</b>		3	4 (+1 ohne SA)	

#### 4.2.4.3 Spurhaltung

Bei der Erfassung der Spurhaltefehler werden diejenigen Überschreitungen gezählt, bei denen der Seiten- oder Mittelstreifen unbeabsichtigt überfahren wird. Es wird somit unterschieden zwischen diesen Fehlern und den Überschreitungen, die im Zusammenhang mit einem Überholmanöver stehen.

Da die Anzahl der Situationen in jeder betrachteten Situationskategorie anders ist (siehe Kap. 2.6.2), werden hier die relativen Häufigkeiten betrachtet. Dieser ergibt sich durch die Division der Summe der Spurhaltefehler in einer Situationskategorie (z.B. bei AE 1: einfach und komplex) durch die Anzahl der Situationen in der jeweiligen Situationskategorie.

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die Situationskomplexität weist einen Unterschied zwischen der relativen Häufigkeit der Spurhaltefehler bei den einfachen und komplexen Situationen sowie der Baseline ( $\chi^2 = 72.4$ ,  $df = 2$ ,  $p < .001$ ) auf. Dieser ist durch den Unterschied zwischen den niedrigeren Werten bei der Baseline im Vergleich zu denen bei einfachen bzw. den komplexen Streckenabschnitten zurückzuführen (Baseline vs. einfach  $z = -6.2$ ,  $p < .001$ , Baseline vs. komplex  $z = -6.7$ ,  $p < .001$ ). Dabei kommt es bei der Baseline insgesamt zu lediglich vier Spurhaltefehlern ( $MW = 0.03$ ). Bei den sieben einfachen Situationen treten 210 Spurhaltefehler auf, was einer durchschnittlichen Spurüberschreitung von  $MW = 0.49$  entspricht pro Person und Situation. Bei den komplexen Situationen ergeben sich 203 Überschreitungen, d.h. durchschnittlich  $MW = 0.55$  Spurhaltefehler. Somit tritt bei den einfachen Situationen in fast der Hälfte der Fälle pro Person und Situation eine Spurüberschreitung auf, bei den komplexen in 55 % der Fälle.

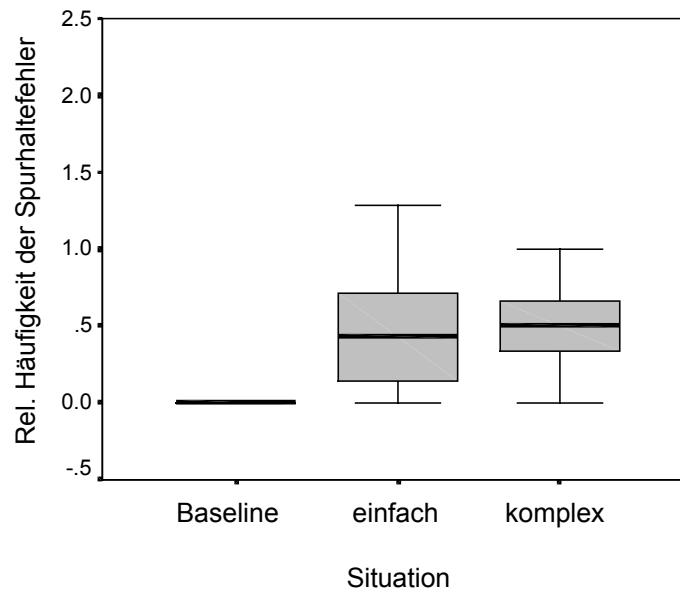


Abbildung 36: Durchschnittliche relative Häufigkeit der Spurhaltefehler bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Die unabhängige Variable Alter, weist in allen drei Situationen auf eine signifikant höheren Fehleranzahl bei den älteren als bei den jüngeren Fahrern hin (einfach:  $z = -5.15$ ,  $p < .001$ ; komplex:  $z = -3.78$ ,  $p < .001$ ; Baseline:  $z = -2.12$ ,  $p < .03$ ). Dabei ergeben sich im einzelnen die folgenden Spurhaltefehler in Tabelle 24.

Tabelle 24: Durchschnittliche relative Häufigkeit der Spurhaltefehler bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Alterskategorie	Baseline	einfach	komplex
‘Jung’	0.0	0.23	0.37
‘Alt’	0.07	0.77	0.75

Die Variable Geschlecht und Sekundäraufgabenschwierigkeit haben keinen signifikanten Einfluß auf die Fehleranzahl.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Die Art der Streckenabschnitte haben auf die Anzahl der Spurhaltefehler keinen Einfluß, jedoch wie auch schon bei der vorherigen Berechnung, der Effekt der Streckenkomplexität. Wie in Tabelle 25 und in Abbildung 37 zu erkennen ist, sind sowohl bei Landstraßen- als auch bei Autobahn-Abschnitten die Anzahl der Fehler bei der Baseline geringer als bei den anderen Streckenabschnitten (jeweils  $p < .001$ ). Bei der Landstraße ist zudem in den einfachen Abschnitten eine geringere Fehleranzahl zu beobachten als in den komplexen ( $z = -3.05$ ,  $p < .001$ ). Beim Autobahn-Abschnitt, erweisen sich hingegen mehr Spurhaltefehler bei den einfachen als bei den komplexen Abschnitten ( $z = -4.0$ ,  $p < .001$ ).

Tabelle 25: Durchschnittliche relative Häufigkeit der Spurhaltefehler bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Streckenabschnitt	Landstraße	Autobahn
<b>Baseline</b>	0.01	0.05
<b>einfach</b>	0.40	0.62
<b>komplex</b>	0.67	0.26

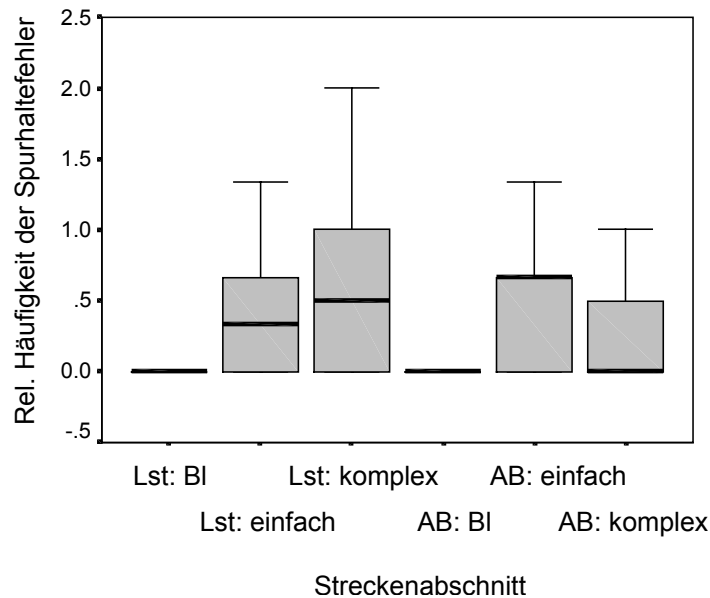


Abbildung 37: Durchschnittliche relative Häufigkeit der Spurhaltefehler bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Bei den Baseline-Abschnitten der Landstraße und Autobahn ergeben sich kaum Spurhaltefehler. Eine höhere Anzahl ist bei den komplexen Autobahn-Abschnitten aufzufinden, gefolgt von der einfachen Landstraße (jeweils mindestens  $p < .05$ ). Die höchste Anzahl an Spurhaltefehlern lässt sich bei den einfachen Autobahn- bzw. komplexen Landstraßen-Abschnitten erkennen.

Die älteren Fahrer zeigen mit durchschnittlich  $MW = 0.49$  Fehlern ebenfalls mehr Spurnauigkeiten auf als die jüngeren mit  $MW = 0.19$  ( $z = -4.8$ ,  $p < .001$ , siehe Abbildung 38).

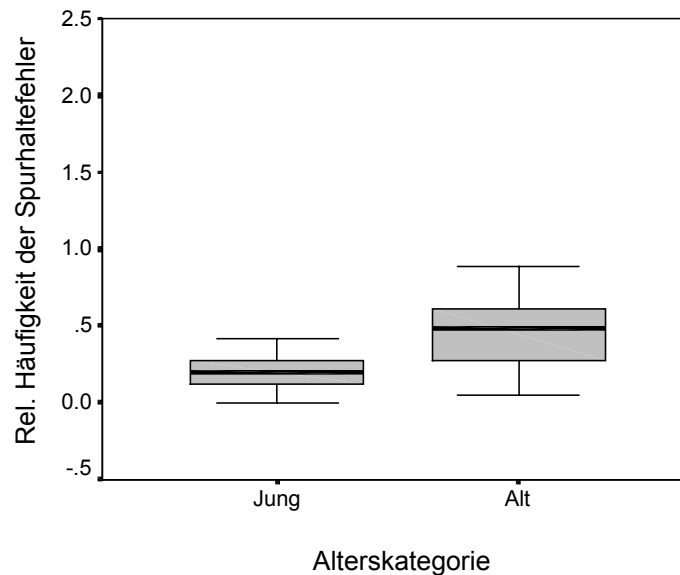


Abbildung 38: Durchschnittliche relative Häufigkeit der Spurhaltefehler in Abhängigkeit vom Alter

Auch bei den einzelnen Streckenkomplexitäten wird deutlich, daß die älteren Fahrer öfters unbeabsichtigt die Spur überschreiten als die jüngeren. Die relative Häufigkeit der Spurhaltefehler bei den jüngeren und älteren ist in der nächsten Tabelle beschrieben.

Tabelle 26: Durchschnittliche relative Häufigkeit der Spurhaltefehler bei Baseline, einfachen und komplexen Streckenabschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Streckenabschnitte	'Jung'	'Alt'	z-Wert	Sign. Niv.
<b>Baseline</b>	0.00	0.06	-2.12	0.03
<b>einfach</b>	0.24	0.79	-5.01	0.00
<b>komplex</b>	0.34	0.70	-2.89	0.00

### Spurhaltefehler innerhalb verschiedener Phasen bei Überholvorgängen

Da die Annäherungs-Phase sekundäraufgabenabhängig beschrieben ist als der Zeitraum zwischen Beginn der Zusatzaufgabe einerseits und der Orientierungsreaktion (siehe auch Abbildung 7) andererseits, können hier nur Spurhaltefehler bei Überholsituationen mit Sekundäraufgabe betrachtet werden. Für diese Gegenüberstellung wurden die Situationen 1, 3, 6, 15 und 17 (vergleiche Abbildung 15) einbezogen sofern es zu einem Überholvorgang gekommen ist.

Betrachtet man die Gesamtanzahl aller Spurhaltefehler in den Situationen 1, 3, 6, 15, 17 – unabhängig von den Phasen in denen sie auftreten – so ergibt sich ein Gesamtwert von 143 Spurhaltefehlern. Für die verschiedenen Phasen zeigt der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben einen signifikanten Unterschied in den Spurhaltefehlern auf. So ergeben sich, daß in der Nach-Phase (Phase nachdem der Überholvorgang abgeschlossen ist aber die Sekundär-



aufgabe weiterhin präsentiert wird) mehr Spurhaltefehler begonnen werden als in der Annäherungs-Phase, die ebenfalls unter Einfluß der Sekundäraufgabe stattfindet ( $z = -4.29$ ;  $p < .001$ ). Wie in Abbildung 39 zu erkennen, werden in der Annäherungs-Phase insgesamt, über alle Versuchspersonen und Situationen hinweg betrachtet, 29 Spurhaltefehler gemacht. Dies entspricht einem relativen Fehlerwert von  $MW = 0.09$  bzw. einer Wahrscheinlichkeit von 9 % innerhalb einer Situation. In der Nach-Phase können mit 24 % (75 Fehler) fast dreimal so viele Spurungenauigkeiten beobachtet werden.

Ausgehend von der Gesamtanzahl der Spurhaltefehler (143 Fehler) in allen Situationen kann festgehalten werden, daß innerhalb der Annäherungs-Phase ein Fünftel und in der Nach-Phase über die Hälfte der Fehler auftreten.

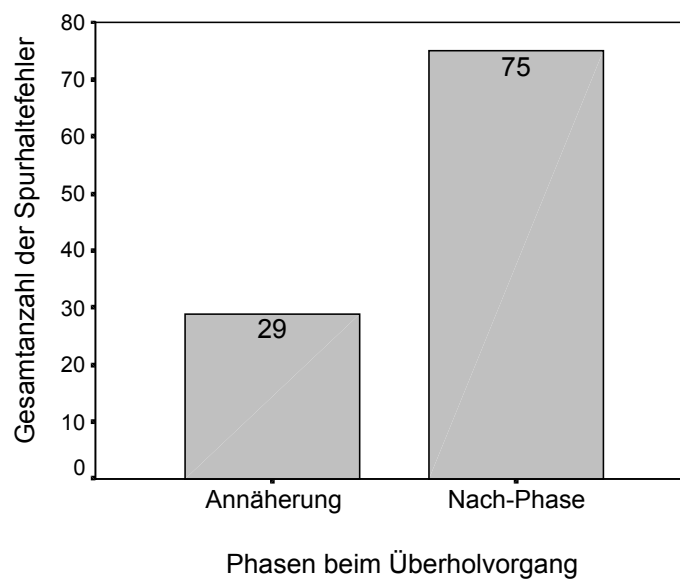


Abbildung 39: Gesamtanzahl der Spurhaltefehler in Annäherungs- und Nach-Phase bei Überholvorgängen

Wie die weiteren Analysen zeigen, unterscheidet sich nicht die Anzahl der Spurhaltefehler in der Annäherungs-Phase bei niedriger und hoher Sekundäraufgabenkomplexität. Dasselbe trifft auch bei der Nach-Phase zu.

Die unabhängige Variable Alter bedingt einen signifikanten Effekt, der zum einen auf den Trend in der Annäherungs-Phase mit mehr Spurhaltefehlern bei den älteren als bei den jüngeren Fahrern ( $z = -1.8$ ,  $p < .07$ ,  $n = 19$  vs.  $n = 10$  respektive) zurück zu führen ist. Zum anderen tritt in der Nach-Phase ein signifikanter Unterschied mit 24 Spurhaltefehlern bei den jüngeren und 51 (68 % der Spurhaltefehlern in der Nach-Phase) bei den älteren Fahrern ( $z = -3.1$ ,  $p < .002$ ) auf.

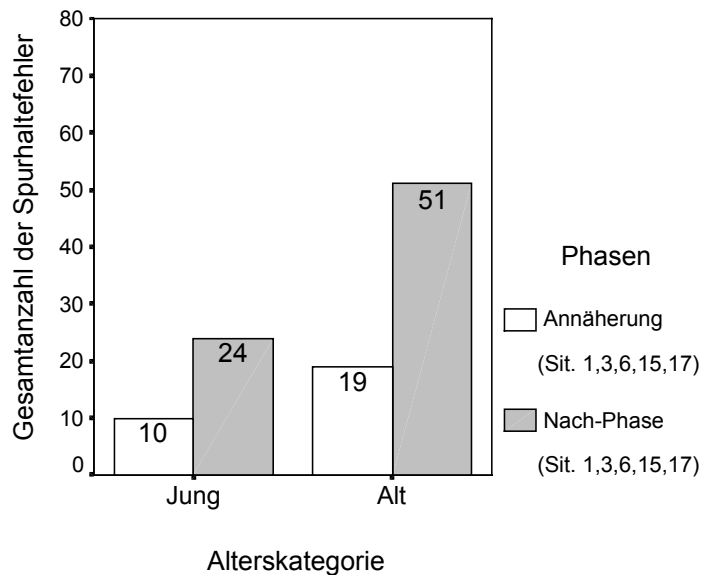


Abbildung 40: Gesamtanzahl der Spurhaltefehler in Annäherungs- und Nach-Phase bei Überholvorgängen in Abhängigkeit vom Alter

#### 4.2.4.4 Prioritäten innerhalb verschiedenen Phasen bei Überholvorgängen

Eine mögliche Ursache für gehäufte Spurhaltefehler in der Nach-Phase, könnte ein Strategiewechsel sein. So könnte es sein, daß die Versuchspersonen sich vor dem Überholen mehr auf die Fahraufgabe und nach dem Überholen mehr auf die Sekundäraufgabe konzentrieren. Um Aufschluß über mögliche Strategiewechsel zu bekommen, werden zusätzlich die Prioritäten in den verschiedenen Phasen während der Doppelaufgabensituationen betrachtet.

Die Priorität ‚Fahraufgabe‘ (FA) ist dann gegeben wenn die Sekundäraufgaben nicht oder kaum bearbeitet wird. Im Gegensatz dazu wird der ‚Fahraufgabe und Sekundäraufgabe‘ (FA&SA) gemeinsam Priorität eingeräumt, wenn während der Fahrt relativ kontinuierlich beide gleichwertig erledigt werden. Die ‚Sekundäraufgabe‘ (SA) gilt als priorisiert, wenn diese – auch auf Kosten der Fahrsicherheit – fast ausschließlich durchgängig bearbeitet werden.

Die Prioritätenverteilung in den verschiedenen Phasen ist in Tabelle 27 aufgelistet.

Tabelle 27: Prioritätenverteilung bei Überholphasen: Annäherung, Überholen, Überholende und Nach-Phase (FA: Fahraufgabe, SA: Sekundäraufgabe); absolut und prozentual bezogen auf die Summe der jeweiligen Phase

Phasen	FA	SA	FA&SA	Summe
<b>Annäherung</b>	58 (23.9 %)	6 (2.5 %)	179 (73.7 %)	243
<b>Überholen</b>	180 (84.5 %)	0 (0 %)	33 (15.5 %)	213
<b>Überholende</b>	108 (46.2 %)	0 (0 %)	126 (53.8 %)	234
<b>Nach-Phase</b>	12 (5.1 %)	12 (5.1 %)	211 (89.8 %)	235

Nachfolgend die graphische Darstellung der Prioritätenverteilungen:

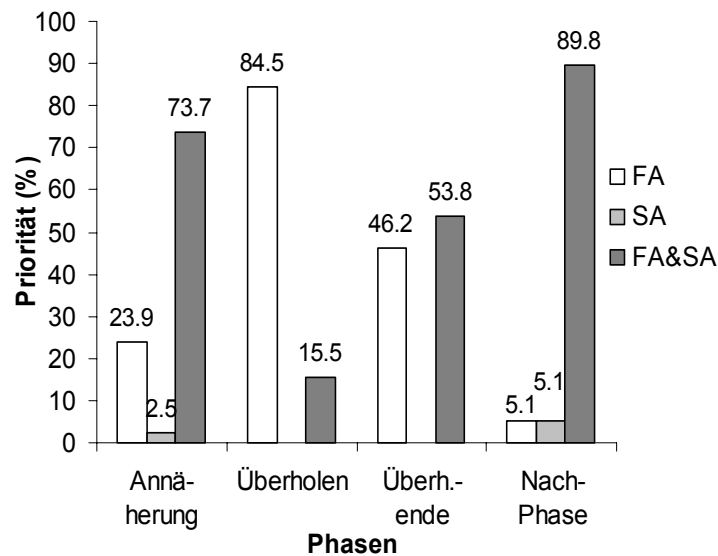


Abbildung 41: Prioritätenverteilung bei Überholphasen Annäherung, Überholen, Überholende und Nach-Phase (FA: Fahraufgabe, SA: Sekundäraufgabe) in Prozent bezogen auf die Summe bei der jeweiligen Phase

In der Annäherungs-Phase wird deutlich, daß wesentlich mehr Fälle auftreten in denen die Fahraufgabe zusammen mit der Sekundäraufgabe bearbeitet wird ( $p < .001$ ). Die Sekundäraufgabe wird in dieser Phase nur in  $MW = 2.5\%$  der Situationen primär bearbeitet. In der nachfolgenden Überholphase sinkt die Doppelaufgaben-Priorität. Gleichzeitig nimmt die Priorität der Fahraufgabe zu ( $p < .001$ ). Während der Phase des Überholendes sinkt die Priorität der Fahraufgabe wieder auf dasselbe Niveau wie das der Fahraufgabe und Sekundäraufgabe gemeinsam ab. In der Nach-Phase wird – wie in der Annäherungs-Phase – die Fahraufgabe zusammen mit der Sekundäraufgabe wieder primär bearbeitet.

Bei dem Vergleich der Priorisierungs-Verteilungen innerhalb der Annäherungs- und Nach-Phase, bei der die Fahraufgabe parallel zu der Sekundäraufgabenbearbeitung (FA&SA) auftritt, zeigt sich kein signifikanter Unterschied. Somit haben die Versuchspersonen sowohl vor als auch nach dem Überholmanöver gleichermaßen ihre Aufmerksamkeit auf die Doppelaufgabe gerichtet, d.h. dem Fahren und der Bearbeitung der Sekundäraufgabe.

#### 4.2.4.5 Beinaheunfälle

Als Beinaheunfälle werden Ereignisse betrachtet, die im Zusammenhang mit einer beobachteten Kollision mit Leitplanken, oder anderen Fahrzeugen stehen. Es werden – wenn nicht explizit anders dargestellt – die relativen Werte verwendet.

### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Wie Abbildung 42 darstellt kommt es in den Situationen 1, 3, 5, 6, 10, 11, 14, 16 (siehe Abbildung 15) und somit nur in Situationen in denen eine Sekundäraufgabe vorhanden ist, zu Beinaheunfällen.

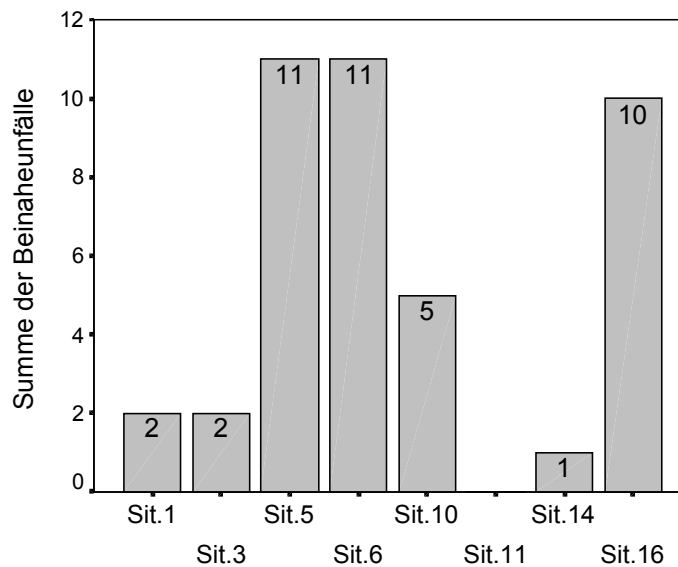


Abbildung 42: Gesamtanzahl der Beinaheunfälle in verschiedenen Situationen

Bei der relativen Anzahl der Beinaheunfälle erweist sich ein signifikanter Unterschied im Vergleich von Baseline mit einfachen als auch komplexen Situationen ( $z = -3.94$ ,  $p < .001$ ,  $z = -4.00$ ,  $p < .001$ , respektive), jedoch nicht in der Gegenüberstellung der einfachen und der komplexen Situationen selbst. Die durchschnittliche relative Häufigkeit beträgt bei der Baseline  $MW = 0.0$ , bei den einfachen  $MW = 0.12$  und bei den komplexen Situationen  $MW = 0.08$ .

Es wird weiterhin bei den komplexen Situationen deutlich, daß ältere Fahrer mehr Beinaheunfälle verursachen als jüngere. Die relative Häufigkeit der potentiellen Kollisionen beträgt  $MW = 0.03$  bei den jüngeren und  $MW = 0.13$  bei den älteren, was über das Vierfache darstellt ( $z = -2.84$ ,  $p < .005$ ). Bei der Betrachtung den komplexen Situationen zeigen sich bei den hoch-komplexen Zusatzaufgaben mehr als dreimal so viele Beinaheunfälle wie bei den niedrig-komplexen Zusatzaufgaben ( $z = -2.32$ ,  $p < .02$ , niedrig-komplex  $MW = 0.04$ , hoch-komplex  $MW = 0.125$ ).

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Auch hier wird wieder deutlich, daß die Streckenkomplexität einen Einfluß auf die Anzahl der Beinaheunfälle ( $\chi^2 = 33.2$ ,  $p < .001$ ) hat. Bei den Landstraßen-Abschnitten weist die Baseline ( $MW = 0$ ) keine Beinaheunfälle auf. Der höchste Wert ergibt sich bei den einfachen ( $MW = 0.17$ ) und der zweithöchste bei den komplexen Streckenabschnitten ( $MW = 0.04$ ). Bei den Autobahn-Abschnitten ergeben sich weder bei der Baseline ( $MW = 0$ ) noch bei den einfachen Abschnitten Beinaheunfälle. Bei den komplexen Autobahn-Abschnitten kommt es zu

durchschnittliche  $MW = 0.18$  Beinaheunfälle. Die Unterschiede sind dabei auf mindestens einem  $p < .05$  signifikant.

Hier ist wiederum der Alterseffekt nachweisbar bei den komplexen Streckenabschnitten, d.h. sowohl bei Landstraße ( $z = -2.05$ ,  $p < .041$ , 'Jung':  $MW = 0.0$  'Alt':  $MW = 0.08$ ), als auch tendenziell bei Autobahn ( $z = -1.78$ ,  $p < .08$ , 'Jung':  $MW = 0.1$ , 'Alt':  $MW = 0.28$ ), mit mehr Beinaheunfälle bei den älteren Fahrern. Auch bei dieser Berechnungsart ergeben sich bei den komplexen Abschnitten mehr Beinaheunfälle während der Bearbeitung von hoch-komplexen Sekundäraufgaben ( $MW = 0.125$ ) im Vergleich zur Bearbeitung von niedrig-komplexen Sekundäraufgaben ( $MW = 0.04$ ,  $z = -2.32$ ,  $p < .02$ ).

#### 4.2.4.6 Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug

Wie aus dem Verhaltensbeobachtungsbogen (Anhang 7) entnommen werden kann, wird in den verschiedenen Überholsituationen der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug untersucht. Dieser kann entweder zu gering, zu groß, variabel oder konstant ausfallen. Auch Kombinationen z.B. zu geringer aber konstanter Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, sind möglich.

Hier werden nachfolgend nur die zu geringen und zu großen Abstände in den Überholsituationen, vom Start der Präsentation der Sekundäraufgabe bis zum Ausscheren zum Überholen, genauer betrachtet. Dabei wird der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug als zu gering gewertet, wenn nach Ansicht des Beobachters das Zeitfenster, um noch rechtzeitig zu reagieren bei einem evtl. Bremsvorgang des vorausfahrenden Fahrzeugs, nicht ausreichend ist.

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Betrachtet man die Gegenüberstellung der relativen Häufigkeiten der Situationen in denen der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu groß oder zu gering war, wird deutlich, daß in der Baseline ein eher zu großer Abstand ( $z = -1.9$ ,  $p < .058$ ) eingehalten wird. Bei den einfachen Situationen fällt ebenfalls ein großer Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug ( $z = -4.1$ ,  $p < .001$ ) auf. Bei den komplexen Situationen ist er dagegen eher zu klein ( $z = -1.7$ ,  $p < .09$ ).

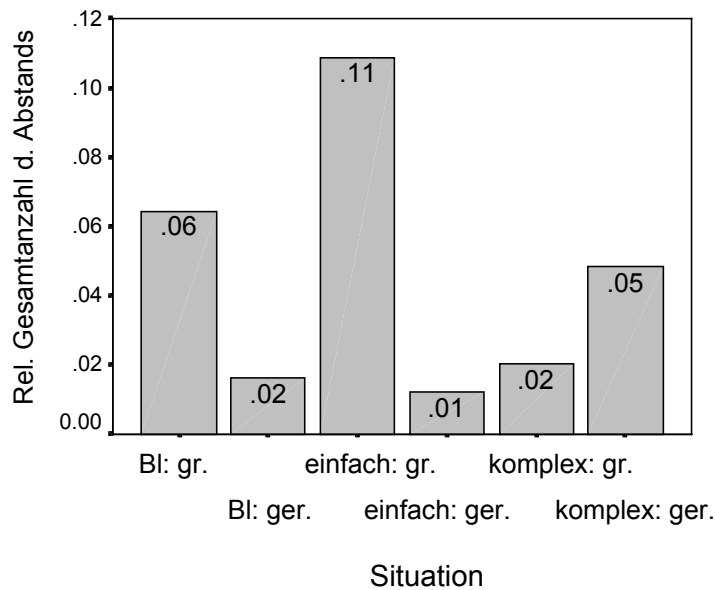


Abbildung 43: Durchschnittliche relative Häufigkeit von zu großen (gr.) und zu geringen (ger.) Abständen zum vorausfahrenden Fahrzeug beim Ausscheren zum Überholen

Wenn nur die relative Anzahl der geringen Abstände betrachtet wird, so weisen diese Unterschiede in allen drei Situationskomplexitäten ( $\chi^2 = 9.7$ ,  $df = 2$ ,  $p < .008$ ) auf. Dies basiert auf dem häufigeren Auftreten des geringen Abstands bei den komplexen als bei der einfachen Verkehrssituationen ( $z = -2.3$ ,  $p < .02$ , siehe Tabelle 28).

Konzentriert man sich auf die großen Abstände zeigt sich dementsprechend das umgekehrte Bild. Die Baseline und die einfachen Abschnitte weisen eine höhere relative Häufigkeit von großen Abständen als die komplexen Abschnitte auf. Die entsprechenden Signifikanzen betragen bei der Baseline vs. komplex  $z = -2.18$ ,  $p < .03$  und bei dem Vergleich einfache vs. komplexe Abschnitte:  $z = -4.01$ ,  $p < .001$ .

Tabelle 28: Durchschnittliche relative Häufigkeit von zu großen und zu geringen Abständen zum vorausfahrenden Fahrzeug bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Situationen	Abstand zu groß	Abstand zu gering
Baseline	0.06	0.02
einfach	0.11	0.01
komplex	0.02	0.05

Die unabhängigen Variablen Alter, Geschlecht und Sekundäraufgabe lassen keinen signifikanten Effekt hinsichtlich Größe des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug erkennen.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Bei der Gegenüberstellung der geringen und großen Abstände bei den verschiedenen Streckenabschnitten zeigt sich bei den einfachen Landstraßen-Abschnitten ein tendenziell zu großer Abstand ( $z = -1.94$ ,  $p < .052$ ). Bei der komplexen Landstraße hingegen kommt ein geringer Abstand häufiger vor als ein großer ( $z = -2.65$ ,  $p < .008$ ). Innerhalb der Baseline und einfachen Autobahn-Abschnitten werden lediglich zu große Abstände ( $z = -4.12$ ,  $p < .001$ ;  $z = -2.45$ ,  $p < .014$  respektive) beobachtet. Die Mittelwerte der jeweiligen Situationen sind in Tabelle 29 dargestellt.

Tabelle 29: Durchschnittliche relative Häufigkeit von zu großen und zu geringen Abständen zum vorausfahrenden Fahrzeug bei Baselines, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Streckenkomplexität	Abstand zu groß	Abstand zu gering
Lst: Baseline	0.03	0.03
Lst: einfach	0.08	0.02
Lst: komplex	0.01	0.06
AB: Baseline	0.10	0.00
AB: einfach	0.14	0.00
AB: komplex	0.03	0.03

Während sich das Abstandsverhalten bei den verschiedenen Landstraßen-Abschnitten nicht signifikant unterscheidet, wird bei den Autobahn-Abschnitten deutlich, daß die kritischen Ereignisse, d.h. der zu geringe Abstand, lediglich in den komplexen Situationen auftreten (MW = 0.03). Somit unterscheiden sich die komplexen Situationen gegenüber Baseline und einfachen Situationen (jeweils  $z = -2.0$ ,  $p < .046$ ).

Der Wilcoxon-Test zeigt einen signifikanten Effekt der Streckenabschnitte Landstraße vs. Autobahn ( $z = -2.5$ ,  $p < .012$ ), mit einer höheren Anzahl an geringen Abständen bei der Landstraße (siehe Abbildung 44).

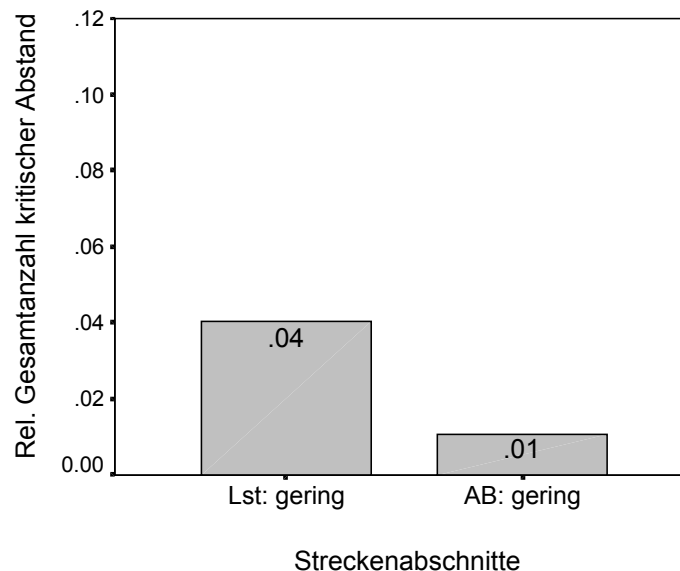


Abbildung 44: Durchschnittliche relative Häufigkeit von **zu geringen Abständen** zum vorausfahrenden Fahrzeug bei Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Bei der Betrachtung der Variable Geschlecht ergibt sich über alle Landstraßen-Abschnitte ein signifikanter Effekt, in dem die Männer mit durchschnittlich  $MW = 0.06$  mehr Situationen mit kritischen Abständen verursachen als Frauen ( $MW = 0.02$ ,  $z = -2.22$ ,  $p < .026$ ).

#### 4.2.5 Diskussion Verhaltensdaten

Betrachtet man die Ergebnisse der Verhaltensdaten, so können auf allen drei Ebenen des hierarchischen Fahrermodells von z.B. Janssen (1979, vgl. Kap. 2.5) Variationen des Verhaltens in Abhängigkeit von der Anwesenheit einer Sekundäraufgabe beobachtet werden. Auch wenn diese je nach Ebene mehr oder weniger verkehrskritisch sind, deuten sie darauf hin, daß nicht nur Handlungen höherer Ebenen beeinflussbar sind von konkurrierenden Zweitaufgaben. Vielmehr sind auch die "automatisierten" Handlungen von Ablenkungsphänomenen betroffen, was der Aussage "man verfährt sich eher, als daß man von der Straße abkommt" (S. 83, Fastenmeier, 1995) entspricht. Zudem läßt sich hier deutlich erkennen, daß die Schwierigkeit der Sekundäraufgabe – mit Ausnahmen bei den Navigationsfehlern und den Beinaheunfällen – kaum einen Einfluß auf das Fahrverhalten hat. Auch wenn diese sich in ihrer Leistung bei niedrigen und hohen Sekundäraufgabenkomplexitäten unterscheidet, wie in den vorherigen Kapiteln dargestellt wurde. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß eine Kompensation stattfindet. Andererseits kann beobachtet werden, daß die Anwesenheit einer Sekundäraufgabe sehr wohl einen in der Regel negativen Effekt auf das Fahrverhalten hat. Das Alter erweist sich als beeinflussender Faktor in der erwarteten Richtung: mit zunehmendem Alter wird kritischeres Fahrverhalten beobachtet. Ein weiterer relevanter Effekt ist die Streckenkomplexität.



Im Nachfolgenden werden die wichtigsten Effekte in den unterschiedlichen Handlungsebenen analysiert.

In der Strategieebene wird deutlich, daß es trotz der expliziten Anweisung an die Probanden den Verkehrsschildern folgend nach Berlin zu fahren bei der Versuchsfahrt zu einigen Navigationsfehlern kommt. Bei der genaueren Betrachtung im Zusammenhang mit der Komplexität der Sekundäraufgabe ergibt sich ein signifikanter Effekt. Es werden fast viermal so viele Fehler bei der hoch- wie bei der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe gemacht (19 vs. 5 Navigationsfehler). Dieser Unterschied ist nur durch die älteren Fahrer bedingt, die sich bei der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe sich nur einmal „verfahren“ (was weniger Fehlern als bei den jüngeren Fahrern entspricht, die vier Fehlnavigationen aufweisen) und zehn Abbiegefehler bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe verursachen.

Dies zeigt nicht nur ein Ansteigen von Navigationsfehlern um ein zehnfaches bei hoch-komplexen visuellen Sekundäraufgaben, sondern verdeutlicht auch die Notwendigkeit ältere Fahrer bei Arbeiten zur Erfassung von Ablenkungsbedingungen durch MMI's gezielt zu betrachten. Da den Versuchspersonen vor Beginn der Fahrt mitgeteilt worden ist, daß sie an zwei Stellen in Richtung Berlin abbiegen sollen, ist davon auszugehen, daß bei einer "freien Fahrt" in unbekannten Regionen die Anzahl der Navigationsfehler nochmals höher sein dürfte. Auf der Manövierebene werden Maße wie der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug und das damit zusammenhängende Verhalten "Beinaheunfall" beobachtet. Der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug beim Ausscheren verdeutlicht, daß ein zu geringer Abstand verglichen mit einem großen Abstand häufiger bei komplexen Verkehrssituationen auftritt als bei einfachen Situationen oder der Baseline. Insbesondere bei komplexen Landstraßen-Abschnitten ist dies der Fall. Sowohl bei einfachen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten als auch bei der Baseline auf der Autobahn entsteht dagegen beim Einsetzen des Überholvorgangs ein zu großer Abstand.

Somit kann hier nicht von einer Kompensation des Abstandsverhaltens bei Erhöhung der erlebten Beanspruchung ausgegangen werden, da in diesem Fall bei komplexen Verkehrssituationen ein eher zu großer Abstand zu erwarten gewesen wäre.

Bei den Betrachtungen der Beinaheunfälle werden im Zusammenhang mit der Zweitaufgabe zwei Effekte deutlich. Zum einen kommt es nur in Situationen bei denen eine Sekundäraufgabe vorhanden ist zu Beinaheunfällen. Des weiteren nimmt bei den komplexen Verkehrssituationen die Anzahl der kritischen Situationen mit zunehmender Zweitaufgabenschwierigkeit zu. Betrachtet man die Situationen bei denen Beinaheunfälle auftreten, so ist festzustellen, daß die meisten bei zeitkritischen Situationen entstehen. Dieses differenzierende Bild der Ablenkungswirkung einer Sekundäraufgabe deutet auf das extreme Gefahrenpotential von zeitkritischen Situationen hin. Bei Verkehrsszenen in denen schnell eine Situation erkannt, eine Entscheidung getroffen und ausgeführt werden muß, resultiert die zeitgleiche Präsentation einer Zweitaufgabe in dem Auftreten von Beinaheunfällen. Es kann daher – wie

auch schon bei dem Abstandsverhalten – nicht von einem Kompensationsverhalten in solchen Situationen gesprochen werden. Wie die Analyse verdeutlicht trifft dies besonders für älterer Fahrer zu, die in komplexen Situationen in weit mehr Unfallsituationen verwickelt werden.

Im Zusammenhang mit der Komplexität von Situations- bzw. Streckenabschnitten zeigen sich keine und damit die wenigsten Beinaheunfälle in den Baseline-Bedingungen, die höchsten aber bei einfachen Landstraßen bzw. komplexen Autobahnen. Die Erklärung dafür, warum diese beiden Streckenabschnitte die höchste Anzahl von Beinaheunfällen verursachen, wird erkennbar bei der Betrachtung der betroffenen Situationen. So werden unter den einfachen Landstraßen-Abschnitten Situation 15, 16 und Situation 17 subsumiert. Diese stellen jedoch auch zeitkritische Situationen dar, was die Situationskategorisierung für diese Betrachtung in Frage stellt.

Innerhalb der untersten Ebene, der Kontrollebene werden die Maße Spurhaltefehler und Sichern analysiert. Beim Sichern, d.h. dem Kontrollblick in Rück- und Außenspiegel vor dem Überholen, ergibt sich folgendes Bild: vernachlässigt man die spezielle Situation des überholenden Radfahrers auf einer sehr übersichtlichen und ruhigen Landstraße, so kommt es fast immer zur Sicherung vor einem Überholmanöver. Die acht Fälle bei denen nicht gesichert wird, sind fast ausschließlich (bis auf einen Fall) auf Situationen mit Sekundäraufgabe zurück zu führen. Auch wenn die Anzahl der beobachteten Fälle gering ist, entspricht das fehlende Sicherungsverhalten während der Bearbeitung von Sekundäraufgaben den Ergebnissen von beispielsweise Ranney et al. (2000), die eine Abnahme der Spiegelblicke (Sicherungsverhalten) von 50 % registrieren können während der Fahrer telefoniert.

Auch hier wird deutlich, daß tendenziell ältere Fahrer für dieses sicherheitskritische Verhalten verantwortlich sind.

Die Wahrscheinlichkeit, daß Spurhaltefehler auftreten ist nach der vorliegenden Untersuchung stark abhängig von der Anwesenheit einer Sekundäraufgabe.

Während bei den Baseline-Abschnitten, je nach Analyseeinheit, Spurhaltefehler mit einer Wahrscheinlichkeit von 1-5 % auftreten, steigt die Wahrscheinlichkeit bei Anwesenheit einer Sekundäraufgabe auf bis zu 26-67 % an. Die höchste Häufigkeit von Spurbabweichungen tritt bei komplexen Landstraßen auf (67 %). Die Komplexität der Sekundäraufgabe beeinträchtigt dabei nicht die Querregulierung des Fahrzeugs auf der Fahrbahn. Lediglich die Anwesenheit der Zusatzaufgabe unterscheidet zu einem hohem Maße wie sicher ein Fahrer fährt. Vor allem bei älteren Fahrern ist dies der Fall. Bei beiden Berechnungsarten ergeben sich bei den älteren Fahrern mehr Überschreitungen der Mittel- oder Seitenmarkierungen bei allen Streckenkomplexitäten, d.h. auch bei der Baseline. Somit kann nicht davon ausgegangen werden, daß bei freier Fahrt ohne Sekundäraufgabe die Fahrer optimal, d.h. innerhalb ihrer Spur fahren, zumindest nicht die älteren Fahrer. Im Vergleich dazu zeigt die Studie von Dahmen-Zimmer et al. (1998), daß innerhalb der Versuchsbedingungen ohne akustischen Hinweisreiz es zu keinem Unterschied der in Spurhalteleistung bei den zwei verwendeten Altersgruppen ('Jung' vs.

‘Alt’) kommt. Bei der Ablenkungsbedingung der Studie von Dahmen-Zimmer et al. (ebd.) konnten allerdings die jüngeren Fahrer vom akustischen Hinweisreiz (Abwendung) profitieren und weisen eine bessere Spurhaltung bei den mittleren und komplexen Streckenabschnitten auf.

Sofern nicht die Situationen sondern die zeitliche Veränderung der Spurgenaugigkeit in den durchlaufenden Phasen betrachtet wird, ergibt sich ebenfalls ein interessanter Effekt. Während der Annäherungs-Phase treten 9 % Spurhaltefehler auf. Nach dem Überholvorgang, d.h. nachdem der Fahrer wieder in seine Fahrspur eingeschert ist, tritt ein signifikanter Anstieg auf 24 % Spurhaltefehler auf. Somit zeigt sich in fast jeder vierten Situation pro Person ein Spurhaltefehler, nachdem der Überholvorgang abgeschlossen ist. Werden alle Spurhaltefehler der Situationen betrachtet, so ergeben sich in der Annäherungs-Phase 20 % und die in der Nach-Phase 52 % der gesamten Spurhaltefehler. Dies weist auf die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung der Phasen hin. Auch hier wird wieder einmal deutlich, daß für die Spurhaltefehler im wesentlichen der Faktor Alter (älteren Fahrer) nicht jedoch die Sekundäraufgabenschwierigkeit oder das Geschlecht verantwortlich sind.

Die Betrachtung der Prioritätenverschiebung zeigt, daß sowohl in der Annäherungs- als auch in der Nach-Phase primär die Fahrt einschließlich der Zusatzaufgabe (Doppelaufgabe) bearbeitet wird. Zudem wird deutlich, daß die Häufigkeit mit der die Doppelaufgabe primär bearbeitet wird gleich bleibt. Die reine Fokussierung auf die Fahraufgabe nimmt jedoch in der Nach-Phase im Vergleich zu der Annäherungs-Phase ab (24 % vs. 5 %, respektive), was evtl. die Verschlechterung der Spurführung bewirkt haben kann.

Die jedoch plausiblere Erklärung warum mehr Spurhaltefehler in der Nach-Phase auftreten ist, daß das Rückfahren auf die Fahrbahn eine Art "Nachpendeln" mit sich bringt. Hinzu kommt die evtl. erlebte Zuversicht, die Situation zu meistern, oder der Druck (siehe Instruktion) sowohl Zusatzaufgabe als auch Fahraufgabe nicht zu vernachlässigen. Eine weitere Interpretation für die Verschlechterung der Spurführungsqualität in der Nach-Phase mag mit dem geringen Level der gespeicherten Umweltinformationen zusammen hängen. Folgt man der Argumentation von Zwahlen et al. (1988), so nimmt mit zunehmender Anzahl der Blicke ins Fahrzeug die gespeicherte Menge an Umweltinformationen ab. Das Fahren wird dann als unangenehm empfunden, was u.a. mit Spurabweichungen einher geht. Um jedoch darüber genauere Aussagen treffen zu können sind weitere Arbeiten notwendig.

## 4.2.6 Fahrdynamische Größen

### 4.2.6.1 Durchschnittliche Geschwindigkeit

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die durchschnittliche Geschwindigkeit weist einen signifikanten Effekt bei den verschiedenen Situationen [ $F(2,51) = 467.5$ ,  $p < .001$ ] auf. Die niedrigste Geschwindigkeit tritt bei den komplexen, eine mittleren bei den einfachen Situationen und die höchste Geschwindigkeit bei der Baseline auf (MW = 57.5 km/h, MW = 72.9 km/h, MW = 79.4 km/h respektive, siehe Abbildung 45). Die Geschwindigkeiten bei allen Situationskomplexitäten unterscheiden sich jeweils signifikant voneinander (jeweils  $p < .001$ ).

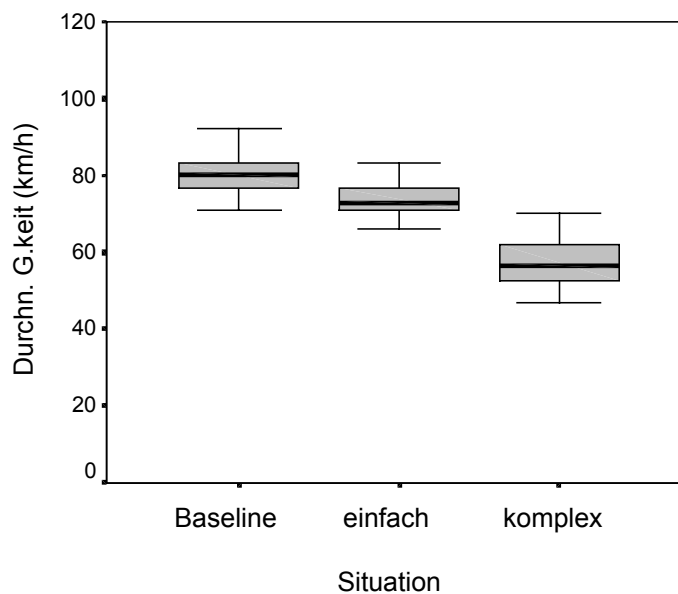


Abbildung 45: Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Die Alterskategorie weist einen signifikanten Effekt auf mit einer höheren Geschwindigkeit bei den jüngeren mit MW = 71.8 km/h im Vergleich zu den älteren Fahrern mit MW = 68.0 km/h [ $F(1,52) = 14.7$ ,  $p < .001$ ]. Wie die Interaktion zwischen den Variablen Situationskomplexität x Alter [ $F(1,52) = 6.79$ ,  $p < .002$ ] zeigt, unterscheiden sich die jüngeren von den älteren Fahrern lediglich in den einfachen und komplexen Abschnitten, nicht jedoch in der Baseline (einfach:  $p < .001$ , komplex:  $p < .001$ , siehe Abbildung 46).

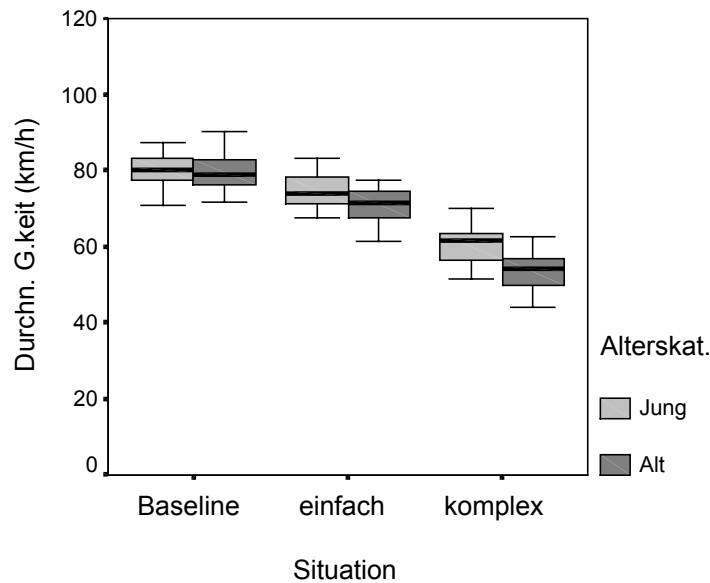


Abbildung 46: Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Bei den einfachen Situationen fahren die jüngeren mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von  $MW = 75.0$  km/h, die älteren hingegen mit  $MW = 70.8$  km/h. Vergleichsweise tritt bei den komplexen Situationen bei den jüngeren  $MW = 60.8$  km/h und bei den älteren lediglich  $MW = 54.1$  km/h auf. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der jüngeren Fahrer bei der Baseline liegt bei  $MW = 80.0$  km/h, bei den älteren Fahrern beträgt sie  $MW = 79.1$  km/h.

Es zeigt sich weiterhin, daß die Männer schneller fahren als die Frauen [ $F(1,52) = 6.2$ ,  $p < .016$ ,  $MW = 71.1$  km/h vs.  $MW = 68.7$  km/h, respektive].

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Da die Geschwindigkeitsprofile bedingt durch die Geschwindigkeitsbeschränkungen unterschiedlich bei Landstraße und Autobahn ausfallen, werden diese hier separat betrachtet.

#### Landstraßen-Abschnitte

Wie der Vergleich der einzelnen Streckenabschnitte zeigt, ist die Geschwindigkeit bei der komplexen Landstraße ( $p < .001$ ,  $MW = 47.9$  km/h) signifikant niedriger als bei der einfachen Landstraße oder Baseline ( $MW = 59.9$  km/h,  $MW = 61.3$  km/h, respektive siehe Abbildung 47), die sich nicht voneinander unterscheiden [ $F(2,51) = 172.26$ ,  $p < .001$ ].

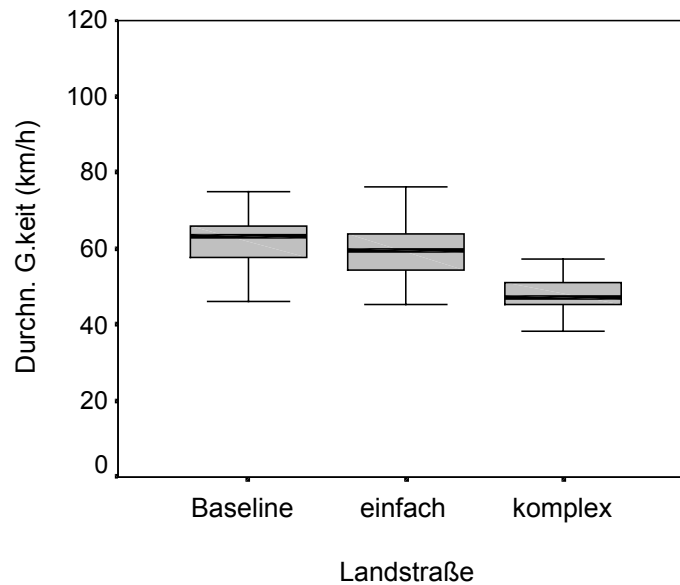


Abbildung 47: Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen-Abschnitten

Die Variable Alter weist – wie auch schon bei Analyseeinheit 1 – auf einen signifikanten Effekt hin, bei dem die Gruppe ‘Jung’ eine höhere Geschwindigkeit aufweist als die Gruppe ‘Alt’ [ $F(1,52) = 4.4$ ,  $p < .04$ ,  $MW = 57.6$  km/h vs.  $MW = 55.1$  km/h, respektive]. Die signifikante Interaktion zwischen Landstraßen-Abschnitten x Alter [ $F(2,51) = 7.34$ ,  $p < .001$ ] zeigt jedoch, daß dieser Unterschied auf die komplexe Landstraßenbedingung zurückzuführen ( $p < .001$ ) ist. Hier fahren die jüngeren Fahrer durchschnittlich  $MW = 51.0$  km/h während bei den älteren eine durchschnittliche Geschwindigkeit von  $MW = 44.8$  km/h beobachtet werden kann (siehe Abbildung 48).

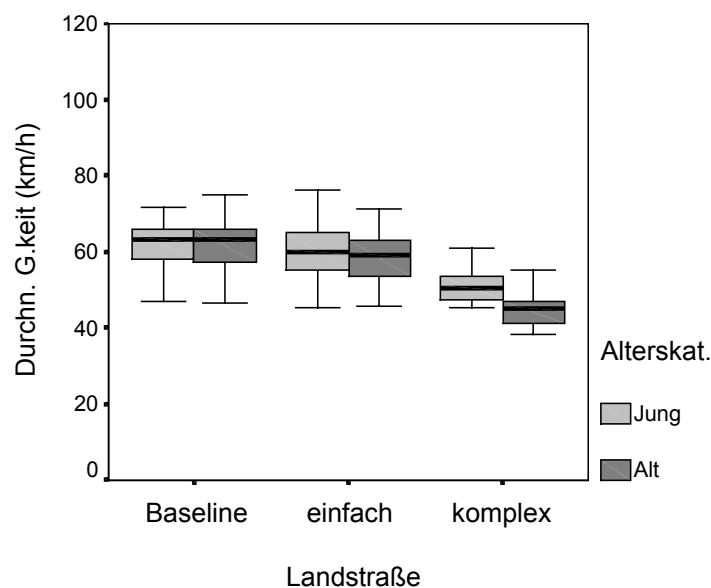


Abbildung 48: Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen-Abschnitten in Abhängigkeit vom Alter

### Autobahn-Abschnitte

Die durchschnittliche Geschwindigkeit auf den verschiedenen Autobahn-Abschnitten deutet auf einen signifikanten Haupteffekt hin, mit der höchsten Geschwindigkeit bei der Baseline mit  $MW = 97.6 \text{ km/h}$ , der zweithöchsten bei den einfachen Streckenabschnitten mit  $MW = 92.2 \text{ km/h}$  und der niedrigsten bei den komplexen Streckenabschnitten mit  $MW = 78.6 \text{ km/h}$  [ $F(2,51) = 175.1$ ,  $p < .001$ ]. Die Geschwindigkeiten bei den einzelnen Abschnitten unterscheiden sich jeweils voneinander ( $p < .001$ , siehe Abbildung 49).

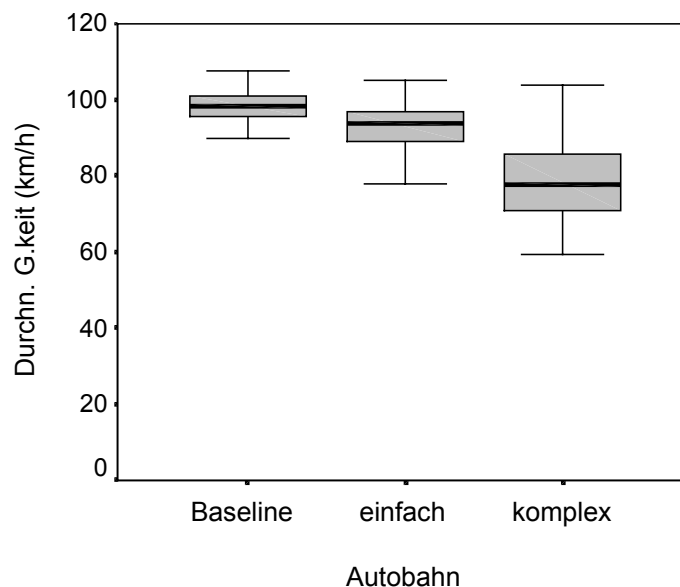


Abbildung 49: Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten

Der Haupteffekt bei der Variablen Alter zeigt wieder, daß die jüngeren eine höhere Geschwindigkeit als die älteren Fahrer [ $F(1,52) = 13.83$ ,  $p < .001$ ,  $MW = 92.4 \text{ km/h}$  vs.  $MW = 86.6 \text{ km/h}$  respektive] bevorzugen. Wie jedoch die Interaktion zwischen Autobahn-Abschnitten x Alter [ $F(2,51) = 10.9$ ,  $p < .001$ ] zeigt, weisen die jüngeren Fahrer lediglich eine höhere durchschnittliche Geschwindigkeit bei den einfachen ( $p < .001$ ;  $MW = 95.3 \text{ km/h}$  vs.  $MW = 89.2 \text{ km/h}$ ) und den komplexen ( $p < .001$ ;  $MW = 83.5 \text{ km/h}$  vs.  $MW = 73.6 \text{ km/h}$ ) Autobahn-Abschnitten auf. Während der Baseline-Abschnitte unterscheiden sich die zwei Altersgruppen hingegen nicht in der Wahl ihrer Fahrgeschwindigkeit (siehe Abbildung 50).

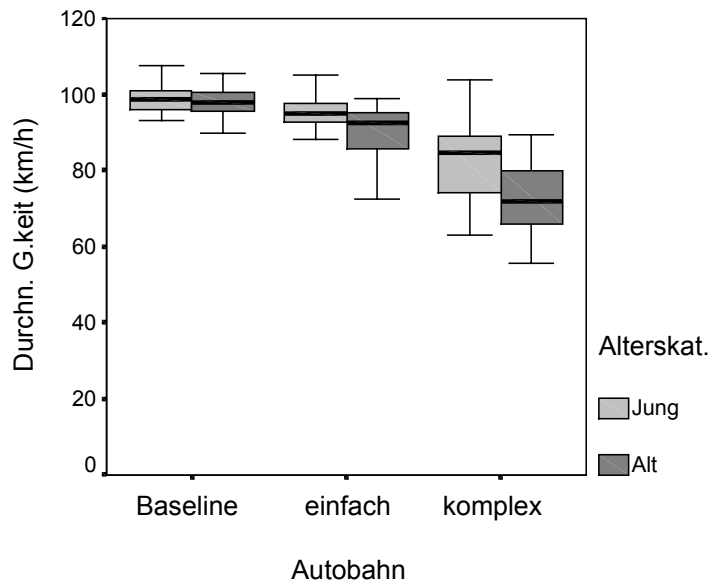


Abbildung 50: Durchschnittliche Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Es fällt zudem auf, daß die Männer mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von  $MW = 92.4 \text{ km/h}$  schneller fahren als die Frauen mit  $MW = 86.5 \text{ km/h}$  [ $F(1,52) = 14.2$ ,  $p < .001$ ].

#### 4.2.6.2 Standardabweichung der Geschwindigkeit

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Bei der Standardabweichung der Geschwindigkeit zeigt sich ein Haupteffekt bei der Situationskomplexität auftritt [ $F(2,51) = 15.68$ ,  $p < .001$ ]. Die niedrigste Standardabweichung der Geschwindigkeit liegt bei den einfachen Situationen mit  $MW = 6.2 \text{ km/h}$ , eine mittlere bei der Baseline mit  $MW = 6.8 \text{ km/h}$  und die höchste bei den komplexen Situationen mit  $MW = 7.8 \text{ km/h}$  (siehe Abbildung 51). Die Unterschiede sind jeweils signifikant auf einem  $p < .05$  Niveau.



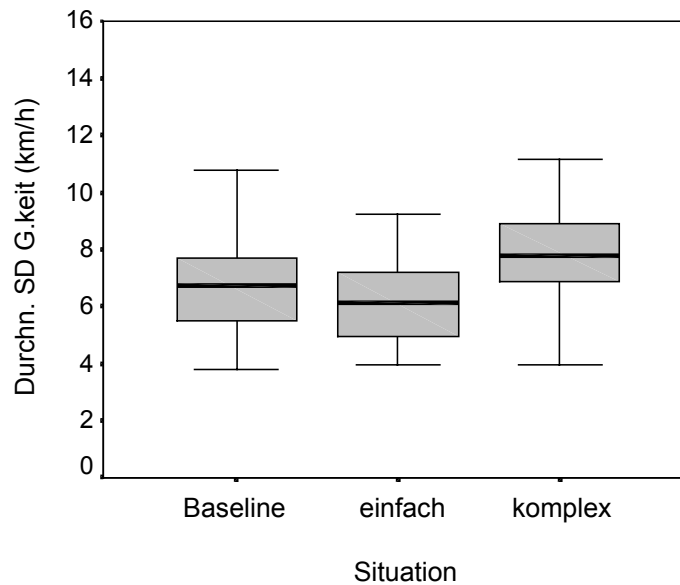


Abbildung 51: Durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Der Zusammenhang zwischen Situationskomplexität x Alter [ $F(2,54) = 5.2$ ,  $p < .009$ ] ist auf den Unterschied in der Standardabweichung bei jüngeren vs. älteren Fahrern in der einfachen Situation sowie bei der Baseline zurückzuführen (siehe Tabelle 30 und Abbildung 52). Die Standardabweichung der Geschwindigkeit ist dabei jeweils bei den älteren Fahrern höher gegenüber den jüngeren Fahrern (siehe nächste Tabelle und Abbildung).

Tabelle 30: Durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Situationen	‘Jung’	‘Alt’	Sign. Niv.
<b>Baseline</b>	6.07 km/h	7.46 km/h	$p < .001$
<b>einfach</b>	5.65 km/h	6.71 km/h	$p < .001$
<b>komplex</b>	7.97 km/h	7.55 km/h	n.s. <sup>15</sup>

<sup>15</sup> nicht signifikant

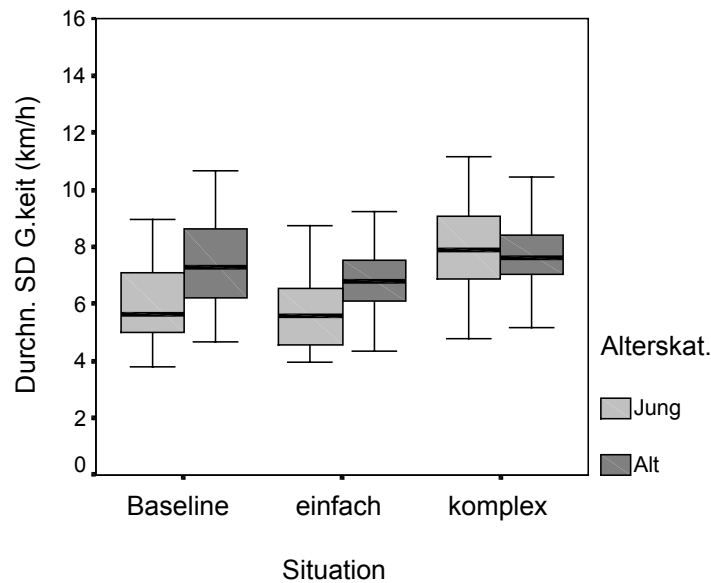


Abbildung 52: Durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Bei den Männern liegt die durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit von  $MW = 6.7 \text{ km/h}$  nur geringfügig niedriger als bei den Frauen ( $MW = 7.1 \text{ km/h}$ ,  $F(1,52) = 4.0$ ,  $p < .051$ ).

## Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

### Landstraßen-Abschnitte

Die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade der Landstraßen-Abschnitte haben einen Effekt auf die Standardabweichung der Geschwindigkeit [ $F(2,51) = 248.9$ ,  $p < .001$ ], mit einfach  $MW = 2.5 \text{ km/h}$ , komplex  $MW = 9.4 \text{ km/h}$  und Baseline  $MW = 4.1 \text{ km/h}$ . Alle Abschnitte unterscheiden sich auf einem  $p < .001$  Niveau.

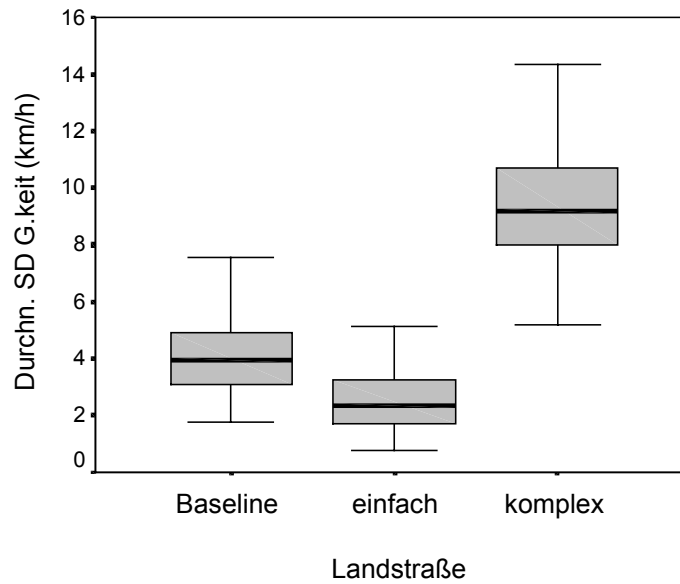


Abbildung 53: Durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen-Abschnitten

Die Interaktion zwischen Landstraßen-Abschnitten x Sekundäraufgabenkomplexitäten [ $F(2,51) = 5.0$ ,  $p < .011$ ] wird durch den Unterschied der Standardabweichung der Geschwindigkeit bei dem einfachen Landstraßen-Abschnitt mit einer höheren Standardabweichung mit der niedrig- (MW = 2.8 km/h) als mit der hoch-komplexen (MW = 2.2 km/h) Sekundäraufgabe bedingt ( $p < .042$ , siehe Abbildung 54).

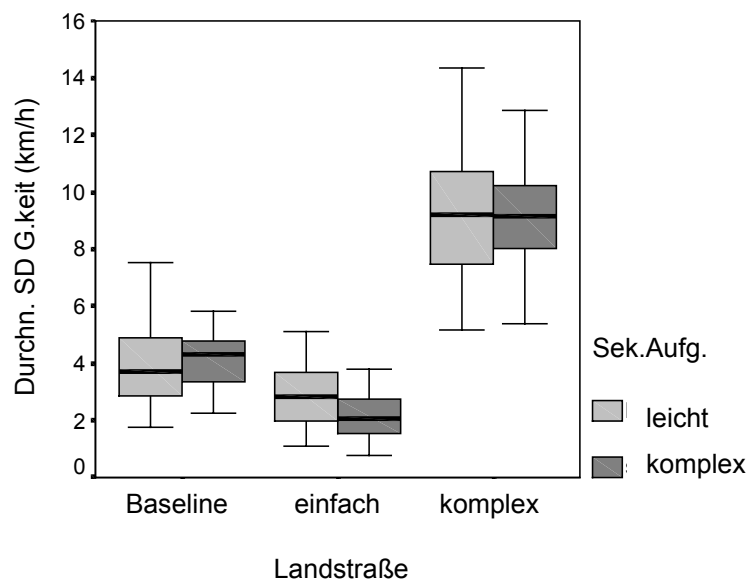


Abbildung 54: Durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen-Abschnitten in Abhängigkeit von Sekundäraufgabenkomplexität

Der Trend bei der Interaktion Landstraßen-Abschnitte x Alter [ $F(2,51) = 2.4$ ,  $p < .098$ ] wird durch die höhere Standardabweichung bei den jüngeren Fahrern gegenüber den älteren Fahrern bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten bedingt ( $p < .048$ , MW = 9.9 km/h, MW = 8.9 km/h, respektive).

#### Autobahn-Abschnitte

Wie auch in Abbildung 55 zu erkennen ist, weist bei dem Autobahn-Abschnitt [ $F(2,51) = 19.2$ ,  $p < .001$ ] der komplexe Streckenabschnitt (MW = 6.7) die niedrigste Standardabweichung der Geschwindigkeit auf. Die zweithöchste Standardabweichung ist bei dem einfachen Streckenabschnitt (MW = 8.1) und die höchste bei der Baseline (MW = 9.4,  $p < .05$ ) zu finden. Alle Unterschiede sind dabei signifikant (mindestens  $p < .05$ )

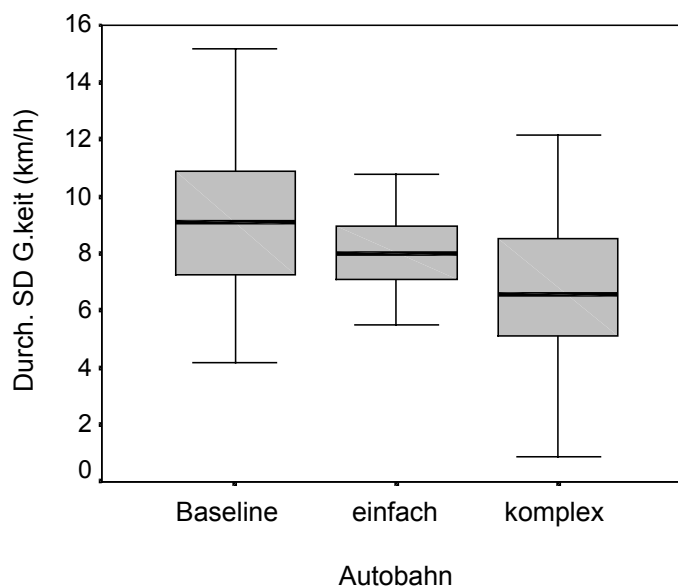


Abbildung 55: Durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit bei Baseline, einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten

Es zeigt sich weiterhin, daß bei der Variablen Alter [ $F(1,52) = 6.7$ ,  $p < .013$ ] eine niedrigere Standardabweichung der Geschwindigkeit bei den jüngeren im Vergleich zu den älteren Fahrern (MW = 7.7 km/h vs. MW = 8.5 km/h, respektive) auftritt. Dies wird, wie die Interaktion Autobahn x Alter [ $F(2,51) = 6.0$ ,  $p < .005$ ] darstellt, durch den Baseline-Abschnitt ( $p < .001$ ) hervorgerufen wird. Dabei weisen die jüngeren Fahrer eine durchschnittliche Standardabweichung der Geschwindigkeit von MW = 8.2 km/h und die älteren von MW = 10.5 km/h auf.

#### **4.2.6.3 Standardabweichung der Gaspedalstellung**

Für die Berechnung der Standardabweichung der Gaspedalstellung werden lediglich die Streckenteile berücksichtigt, bei denen das Fahrzeug sich auf der rechten Fahrspur befindet. Somit werden Überholmanöver und Zeitabschnitte ausgeschlossen, bei denen das Fahrzeug willentlich außerhalb der Spur manövriert wird.

### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die Standardabweichung der Gaspedalstellung (siehe Abbildung 56) wird von der Komplexität der Verkehrssituationen beeinflusst [ $F(2,51) = 141,54$ ,  $p < .001$ ], mit der geringsten Standardabweichung bei der Baseline (MW = 0.095), der zweithöchsten bei den einfachen (MW = 0.134) und der höchsten bei den komplexen (MW = 0.169) Situationen. Alle Einzelvergleiche sind dabei auf einem  $p < .001$  Niveau signifikant.

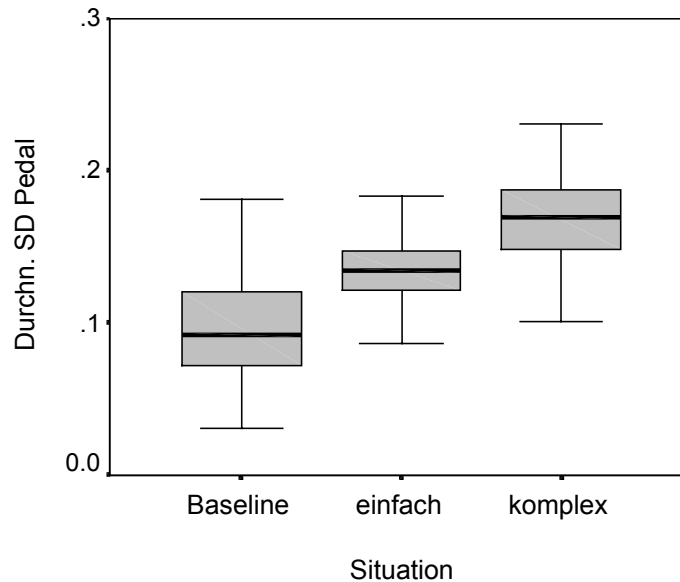


Abbildung 56: Durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Bei den Zwischenfaktoren, zeigt sich ein Effekt beim Alter, mit einer Standardabweichung der Gaspedalstellung von MW = 0.119 bei den jüngeren und MW = 0.146 bei den älteren Autofahrern [ $F(1,52) = 25.5$ ,  $p < .001$ ]. Dieser Unterschied zeigt sich bei allen Situationskomplexitäten und der Baseline (siehe Tabelle 31 und Abbildung 57).

Tabelle 31: Durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Situationen	‘Jung’	‘Alt’	Sign. Niv.
<b>Baseline</b>	0.08	0.11	$p < .001$
<b>einfach</b>	0.12	0.15	$p < .001$
<b>komplex</b>	0.16	0.18	$p < .02$

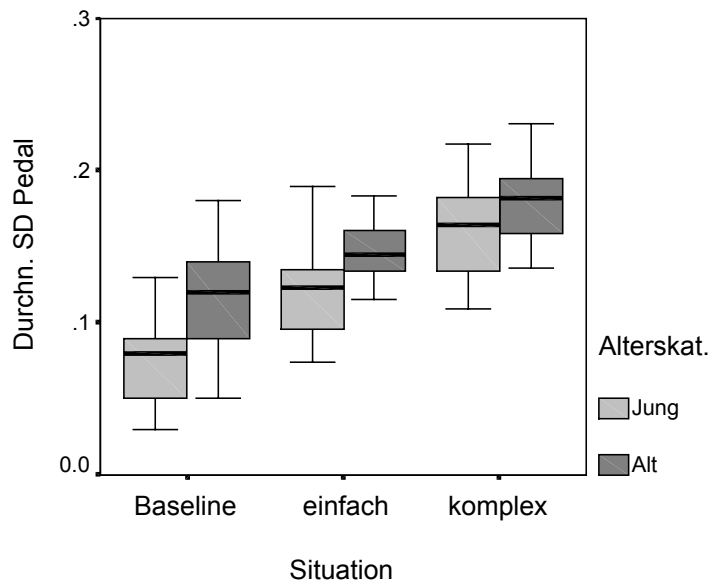


Abbildung 57: Durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Weiterhin zeigt sich bei den Männer eine niedrigere Gaspedalvariation als bei den Frauen ( $MW = 0.126$  vs.  $MW = 0.139$ , respektive;  $F(1,52) = 5.6$ ,  $p < .022$ ).

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Es zeigt sich hier ein signifikanter Effekt bei der Streckenart [ $F(1,52) = 17.16$ ,  $p < .001$ ] mit einer niedrigeren Standardabweichung der Gaspedalstellung bei dem Autobahn- als bei dem Landstraßen-Abschnitt ( $MW = 0.127$  vs.  $MW = 0.141$ , respektive). Die Komplexität des Streckenabschnitts zeigt zudem [ $F(2,51) = 112.7$ ,  $p < .001$ ], daß die durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung am niedrigsten bei der Baseline ( $MW = 0.09$ ) ist, gefolgt von den einfachen mit  $MW = 0.14$  und schließlich den komplexen Streckenabschnitten mit  $MW = 0.17$ . Alle Abschnitte unterscheiden sich dabei auf mindestens  $p < .03$ . Über alle Streckenabschnitte hinweg zeigt sich bei der Baseline der Autobahn der niedrigste Wert der Standardabweichung der Gaspedalstellung ( $MW = 0.080$ ), gefolgt von der höheren Baseline der Landstraße ( $MW = 0.096$ ) und der einfachen Autobahn ( $MW = 0.123$ ). Die nächst höhere einfache Landstraße ( $MW = 0.159$ ) unterscheidet sich nicht von der komplexen Landstraße ( $MW = 0.168$ ) und der komplexen Autobahn ( $MW = 0.177$ ). Alle signifikanten Unterschiede weisen dabei mindestens  $p < .05$  auf.

Die Interaktion zwischen Streckenart x Streckenabschnitt [ $F(2,51) = 14.29$ ,  $p < .001$ ] weist sowohl bei der Landstraße als auch bei der Autobahn auf niedrigere Werte bei der Baseline als bei den einfachen Abschnitten. Deren Werte sind wiederum niedriger als bei den komplexen Streckenabschnitten. Die Unterschiede sind dabei auf der Autobahn signifikant auf einem mindestens  $p < .05$  Niveau. Bei der Landstraße unterscheidet sich jedoch nur die Baseline mit dem niedrigsten Wert ( $p < .001$ ), von der einfachen und der komplexen Verkehrssituation. Die

Mittelwerte der durchschnittlichen Standardabweichung der Gaspedalstellung sind in Tabelle 32 aufgeführt (siehe auch Abbildung 58).

Tabelle 32: Durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Streckenabschnitte	Landstraße	Autobahn
<b>Baseline</b>	0.10	0.08
<b>einfach</b>	0.16	0.12
<b>komplex</b>	0.17	0.18

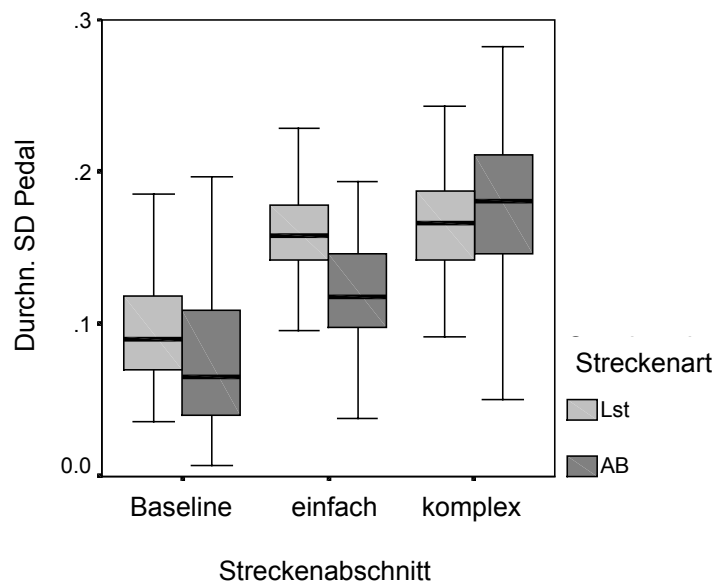


Abbildung 58: Durchschnittliche Standardabweichung der Pedalstellung bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Es zeigt sich weiterhin, daß die Frauen eine höhere Pedalaktivität aufweisen als die Männer [ $F(1,52) = 7.3$ ,  $p < .01$ ;  $MW = 0.142$  vs.  $MW = 0.126$ ]. Die älteren Fahrer zeigen mit einer durchschnittlichen Standardabweichung der Gaspedalstellung von  $MW = 0.147$  eine höhere Gaspedalaktivität [ $F(1,52) = 19.51$ ,  $p < .001$ ] als die jüngeren ( $MW = 0.121$ ). Die Unterschiede zeigen sich jedoch lediglich bei den Baselines sowie den einfachen Abschnitten der Landstraße und Autobahn (siehe Tabelle 33).

Tabelle 33: Durchschnittliche Standardabweichung der Gaspedalstellung und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen-(Lst) und Autobahn-Abschnitten (AB) in Abhängigkeit vom Alter

	<b>Lst: Baseline</b>	<b>Lst: einfach</b>	<b>Lst: komplex</b>	<b>AB: Baseline</b>	<b>AB: einfach</b>	<b>AB: komplex</b>
<b>‘Jung’</b>	0.077	0.145	0.164	0.066	0.105	0.170
<b>‘Alt’</b>	0.116	0.173	0.171	0.095	0.140	0.188
<b>Sign. Niv.</b>	$p < .001$	$p < .001$	n.s.	$p < .037$	$p < .001$	n.s.

#### 4.2.6.4 Time-To-Line-Crossing-Wert unter 10 sec.

Dieses Maß stellt die Zeit dar, die vergeht bis das Fahrzeug die Fahrbahn verläßt. Im allgemeinen ist ein großer Wert gleichzusetzen mit einer ruhigeren Spurführung. Für die Weiterberechnung wird der Median zugrunde gelegt.

Um den Ablenkungseffekt der Sekundäraufgabe noch besser herauszustellen, werden hier anstelle der Mittelwerte der Time-To-Line-Crossing-Werte (TLC), nur die Zeitabstände betrachtet, die unter 10 sec. fallen.

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Lediglich der Haupteffekt der Situationskomplexität [ $F(2,38) = 41.29$ ,  $p < .001$ ] ist signifikant, mit einem TLC von MW = 2.6 sec. bei den einfachen und MW = 3.5 sec. bei komplexen Situationen sowie MW = 3.1 sec. bei der Baseline (siehe Abbildung 59). Dabei unterscheiden wobei sich alle Situationen signifikant voneinander ( $p < .001$ ; siehe Abbildung 59).

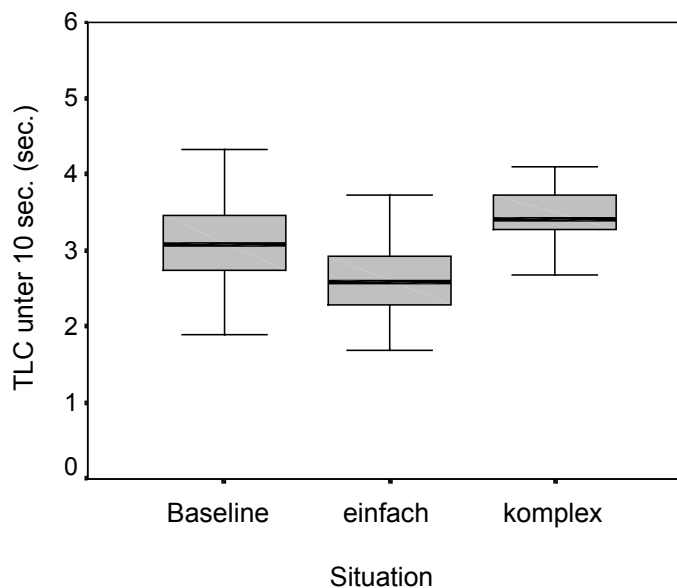


Abbildung 59: Durchschnittliche TLC-Werte unter 10 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Alle anderen Variablen weisen keinen Effekt auf.



## Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

### Landstraßen-Abschnitte

Für die Analyse des TLC innerhalb der Landstraßen-Abschnitte ergeben sich keine signifikante Effekte. Die beobachteten TLC-Werte bei den verschiedenen Landstraßen-Abschnitten sind dabei in Tabelle 34 aufgeführt.

Tabelle 34: Minimum, Maximum, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) des TLC-Werte unter 10 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen-Abschnitten

	Minimum	Maximum	MW	SD
<b>Lst: Baseline</b>	1.7 sec.	6.1 sec.	3.6 sec.	1.0 sec.
<b>Lst: einfach</b>	1.1 sec.	5.3 sec.	3.6 sec.	0.9 sec.
<b>Lst: komplex</b>	2.5 sec.	9.3 sec.	4.3 sec.	1.4 sec.

### Autobahn-Abschnitte

Wie in Abbildung 60 zu erkennen ist, weist der einfache Autobahn-Abschnitt den niedrigsten TLC-Wert auf, gefolgt von dem komplexen Streckenabschnitt und der Baseline [ $F(2,37) = 41.78$ ,  $p < .001$ , einfach: MW = 1.9, komplex: MW = 2.6 Baseline: MW = 2.8]. Alle Unterschiede sind signifikant auf einem  $p < .05$  Niveau.

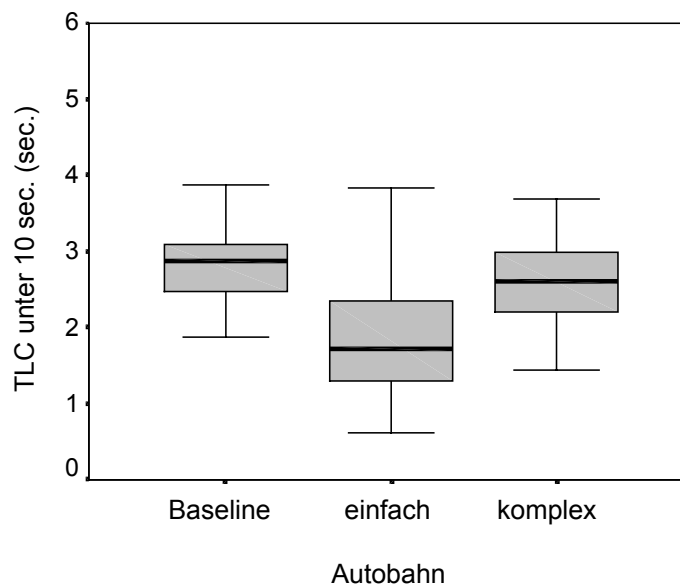


Abbildung 60: Durchschnittliche TLC-Werte unter 10 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten

Allgemein zeigen sich folgenden TLC-Werte in Tabelle 35 bei den Autobahn-Abschnitten.

Tabelle 35: Minimum, Maximum, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) TLC-Werte unter 10 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten

	Minimum	Maximum	MW	SD
<b>AB: Baseline</b>	0.6 sec.	5.7 sec.	1.9 sec.	0.9 sec.
<b>AB: einfach</b>	1.4 sec.	3.7 sec.	2.6 sec.	0.5 sec.
<b>AB: komplex</b>	1.9 sec.	3.9 sec.	2.8 sec.	0.4 sec.

Die signifikante Interaktion zwischen Autobahnkomplexität x Alter x Geschlecht [ $F(2,37) = 5.22, p < .01$ ] wird bedingt durch die signifikante Interaktion von Alter x Geschlecht für den komplexen Autobahn-Abschnitt [ $F(1,57) = 3.97, p < .05$ ]. Wie in Abbildung 61 bzw. Tabelle 36 dargestellt, nimmt bei den Männern mit zunehmendem Alter der TLC-Wert signifikant zu ( $p < .03$ ). Dies trifft aber nicht für die Frauen zu.

Tabelle 36: Durchschnittliche (MW) TLC-Werte unter 10 sec. und Standardabweichung (SD) bei komplexen Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Alterskategorie	Männer		Frauen	
	MW	SD	MW	SD
<b>‘Jung’</b>	2.31 sec.	0.12 sec.	2.72 sec.	0.13 sec.
<b>‘Alt’</b>	2.70 sec.	0.13 sec.	2.60 sec.	0.12 sec.

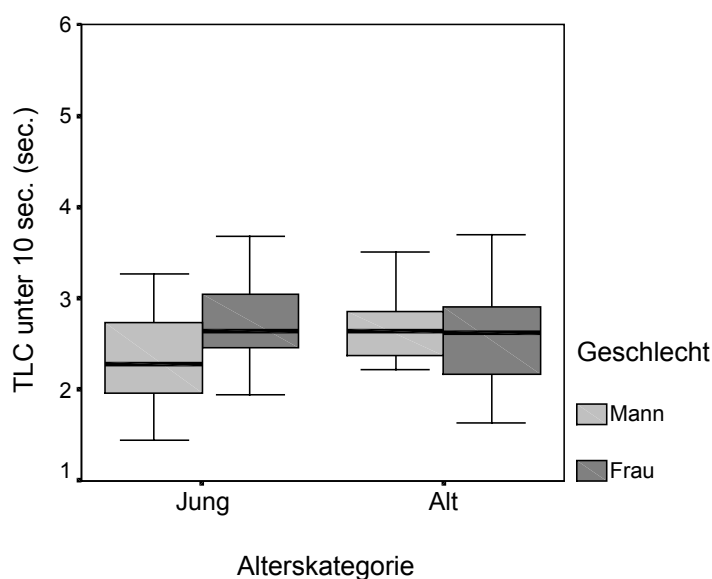


Abbildung 61: Durchschnittliche TLC-Werte unter 10 sec. bei **komplexen Autobahn-Abschnitten** in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

#### 4.2.6.5 Dauer der Unterschreitung des Time-To-Line-Crossing-Wertes unter 1.5 sec.

Innerhalb der Blickforschung gilt eine Blickdauer von über 1.5 sec. in den Innenraum als kritisches Maß (siehe Kapitel 2.4.1). Daher wird in einem weiteren Schritt nachfolgend die Summe der Zeiteile pro Minute betrachtet bei denen der TLC-Wert unterhalb 1.5 sec. fällt. Bei einer Blickdauer von länger als 1.5 sec. würde das Fahrzeug die Fahrspur verlassen – sofern der Fahrer vorher keine Lenkkorrektur vornähme.

Somit werden auch Dauern von Situationen beachtet bei denen die TLC-Werte kleiner oder gleich Null sind. Dies ist der Fall wenn die Probanden das Fahrzeug außerhalb der rechten Spur manövrieren. Die Werte bei denen das Fahrzeug sich auf der linken Spur befindet werden dagegen nicht mit berücksichtigt, da das beabsichtigte Überfahren der Fahrspur-Mittellinie (z.B. beim Einsetzen des Überholmanövers) nicht ausgeschlossen werden kann.

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Wie Abbildung 62 zu entnehmen ist, wird bei den komplexen Situationen der kritische Wert mit  $MW = 10.2 \text{ sec.}$  pro Situation am wenigsten unterschritten. Der Höchste Wert zeigt sich bei den einfachen Verkehrssituationen mit  $MW = 18.9 \text{ sec.}$ . Die Baseline weist eine durchschnittliche Dauer von  $MW = 14.6 \text{ sec.}$  auf [ $F(2,50) = 54.2, p < .001$ ]. Alle Unterschiede sind dabei auf  $p < .001$  signifikant.

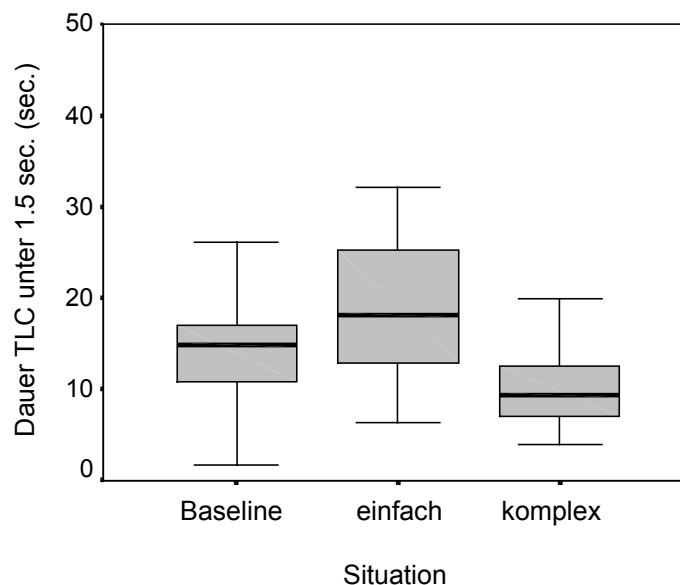


Abbildung 62: Durchschnittliche Dauer der TLC-Werte unter 1.5 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Bei den komplexen Situationen zeigt sich, daß die jüngeren Fahrer mit  $MW = 11.1 \text{ sec.}$  einen höheren TLC-Gesamtwert haben als die älteren Fahrer ( $MW = 9.0 \text{ sec.}$   $F(1,57) = 4.0, p < .05$ ).

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Der Vergleich der Streckenabschnitte zeigt signifikant längere Unterschreitungen des 1.5 sec. TLC-Wertes bei den Autobahn-Abschnitten (AB: MW = 18.7 sec. vs. Lst: MW = 10.13 sec.,  $[F(1,51) = 254.6, p < .001]$ ).

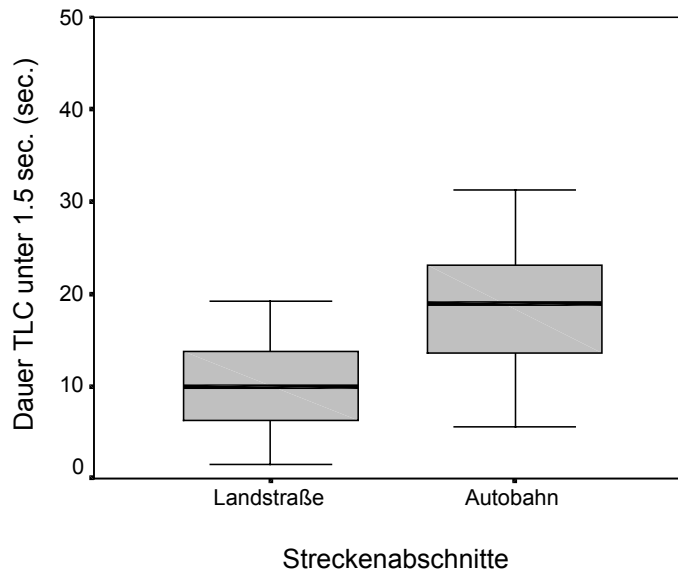


Abbildung 63: Durchschnittliche Dauer der TLC-Werte unter 1.5 sec. bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten

Der Haupteffekt der Streckenabschnitte  $[F(2,50) = 11.53, p < .001]$  weist auf die kleinste Unterschreitung bei den komplexen, eine mittlere bei der Baseline und die größte Unterschreitung des 1.5 sec. TLC-Wertes bei den einfachen Streckenabschnitten (MW = 12.2 sec., MW = 14.7 sec., MW = 16.3 sec., respektive, jeweils  $p < .05$ ). Ein differenzierteres Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Interaktion zwischen Streckenabschnitt x Streckenkomplexität  $[F(2,50) = 24.6, p < .001]$ . Wie der Paarvergleich zeigt unterscheiden sich bei der Landstraße die einfachen und komplexen Streckenabschnitte nur geringfügig voneinander, jedoch beide bezüglich der höheren Baseline-Werte. Bei der Autobahn ist hingegen der Wert der Baseline und der komplexen Streckenabschnitte vergleichbar und jeweils niedriger als bei den einfachen Streckenabschnitten. Weiterhin zeigt sich, daß die Dauer der Unterschreitung des kritischen Wertes auf der Landstraße bei den einfachen und komplexen Abschnitten geringer ist als auf der Autobahn (jeweils  $p < .001$ ; siehe Tabelle 37 und Abbildung 64). Bei der Baseline, zeigt sich dahingehend nur ein Trend ( $p < .06$ ) in die selbe Richtung.

Tabelle 37: Durchschnittliche (MW) Dauer TLC-Werte unter 1.5 sec. und Standardabweichung (SD) bei Baselines, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Streckenabschnitte	Landstraße		Autobahn	
	MW	SD	MW	SD
<b>Baseline</b>	13.62 sec.	0.95 sec.	15.73 sec.	0.99 sec.
<b>einfach</b>	9.30 sec.	0.85 sec.	23.40 sec.	1.35 sec.
<b>komplex</b>	7.57 sec.	0.60 sec.	16.72 sec.	0.93 sec.

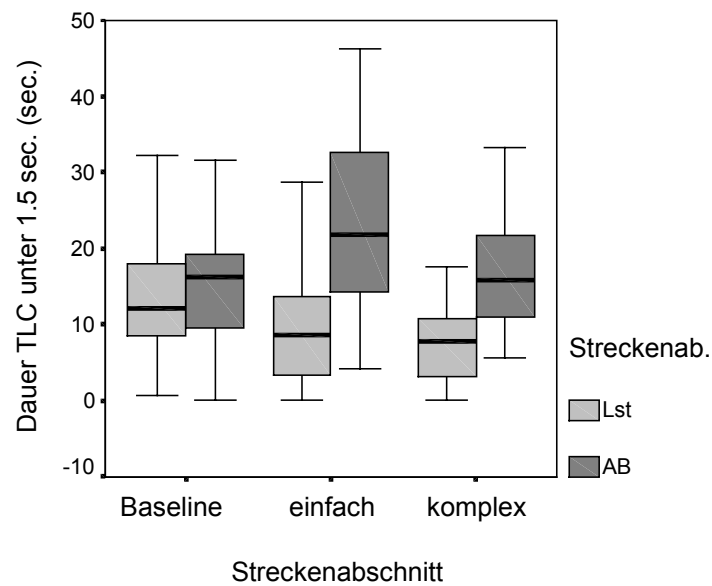


Abbildung 64: Durchschnittliche Dauer der TLC-Werte unter 1.5 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Die in Abbildung 65 aufgeführte Interaktion zwischen Streckenabschnitt x Alter wird durch die geringere Unterschreitung der älteren Fahrer (MW = 17.0 sec.) im Vergleich zu den jüngeren (MW = 20.2 sec.) auf den Autobahn-Abschnitten verursacht [ $F(1,51) = 4.2$ ,  $p < .045$ ]. Die genauen Werte sind Tabelle 38 zu entnehmen.

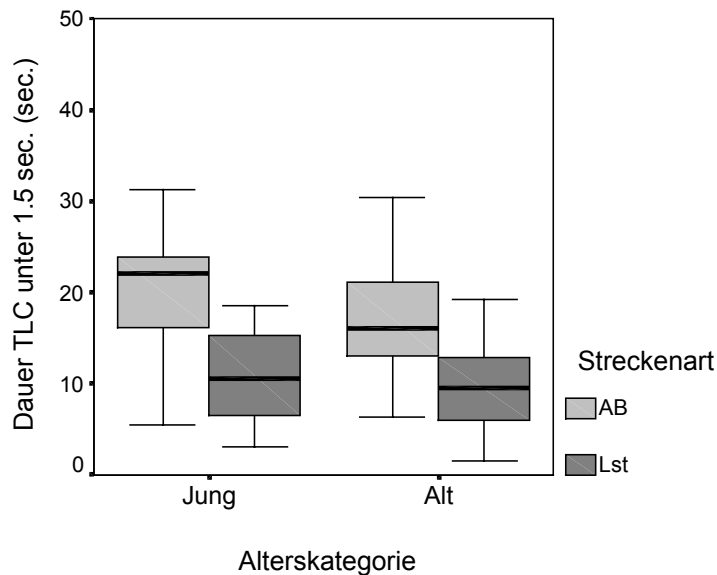


Abbildung 65: Durchschnittliche Dauer der TLC-Werte unter 1.5 sec. bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Tabelle 38: Durchschnittliche (MW) Dauer der TLC-Werte unter 1.5 sec. und Standardabweichung (SD) bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Streckenart	Alterskategorie	MW	SD
Autobahn	‘Jung’	20.16 sec.	6.22 sec.
	‘Alt’	17.00 sec.	5.79 sec.
Landstraße	‘Jung’	10.70 sec.	4.74 sec.
	‘Alt’	9.60 sec.	4.91 sec.

Bei den Autobahn-Abschnitten zeigt sich weiterhin die Tendenz, daß die Männer mit MW = 20.22 sec. den kritischen Wert von 1.5 sec. länger unterschreiten als die Frauen (MW = 17.2 sec.  $p < .056$ ).

#### 4.2.6.6 Unterschreitung des Time-To-Collision-Wertes unter 1.7 sec.

Da das zu späte Entdecken von relevanten Objekten im Straßenverkehr eine Hauptunfallursache ist, soll der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug hier genauer betrachtet werden. Innerhalb der Versuchssituationen (1, 3, 4, 6, 7, 8, B6, 9, 10, 11, 15, 16 und 17, siehe Abbildung 15) soll hier die Fahrdauer unterhalb eines zeitlichen Abstands von 1.7 sec. zum vorausfahrenden Fahrzeug betrachtet werden. Dieser Time-To-Collision-Wert (TTC) ist so gewählt, daß das oben erwähnte unfallverhütende Fahrmanöver gerade noch möglich wäre und der vorgeschriebene Mindestabstand von 0.8 sec. bis 1.2 sec. nach StVO eingehalten wird. Dieser Zeitraum liegt auch knapp über der von Zwahlen et al. (1988) bestimmten kritischen Blickdauer von 1.5 sec..

Für den nachfolgend gebildeten Wert soll die Dauer, d.h. wie lange eine Versuchsperson ihr Fahrzeug unterhalb des oben definierten zeitlichen Mindestabstandes von 1.7 sec. manövriert, aber auch die Anzahl der Unterschreitungen pro Situation betrachtet werden. Das dieser Zeitabstand realistisch ist, zeigt sich beispielsweise in der Studie von Becker et al. (1995) in der verschiedene Anwahl- und Sprechbedingungen untersucht werden. Sie können sowohl bei Anwahl-Phasen als auch bei Sprech-Phasen einen durchschnittlichen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug von knapp unter 2 sec. nachweisen. Dabei liegt der durchschnittliche minimale Werte bei Sprechbedingungen auf Autobahnen bei ca. 1.2 sec..

Für eine Geschwindigkeit von 50 km/h ergibt sich somit bei Einhaltung des 1.7 sec. TTC-Maßes ein Fahrzeugabstand von 23.6 m, bei 80 km/h von 37.8 m und bei 100 km/h ein Längsabstand von 47.2 m.

### Durchschnittliche Dauer der Unterschreitung des kritischen Time-To-Collision-Wertes

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Der oben beschriebene Vergleich der Fahrdauern bei Unterschreitung des 1.7 sec.-Abstands zeigt, daß sich nur die drei Situationen voneinander unterscheiden [ $F(2,38) = 34.54, p < .001$ ]. Wie Abbildung 66 zeigt, liegt die kürzeste Dauer bei der Baseline mit 1.5 sec., bei den einfachen Situationen beträgt sie  $MW = 4.3$  sec. und die längste Dauer ist bei den komplexen Situationen mit  $MW = 12.1$  sec. zu finden.

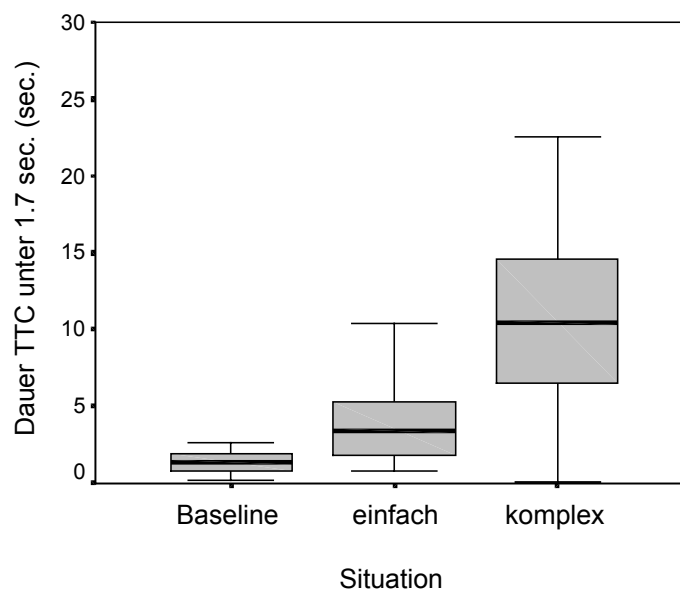


Abbildung 66: Durchschnittliche Dauer der TTC-Werte unter 1.7 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Die anderen Variablen zeigen keine signifikante Effekte.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Betrachtet man die verschiedenen Streckenarten, so zeigt sich ein marginaler Unterschied zwischen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten [ $F(1,4) = 5.86$ ,  $p < .073$ ], mit durchschnittlich  $MW = 9.0$  sec. Unterschreitung bei den Landstraßen- und  $MW = 3.3$  sec. bei den Autobahn-Abschnitten. Die Schwierigkeit der Streckenabschnitte verursacht ebenfalls einen Unterschied in der durchschnittlichen Dauer der Unterschreitung des TTC-Wertes [ $F(2,3) = 16.76$ ,  $p < .024$ ]. Der kleinste durchschnittliche Wert ist bei der Baseline ( $MW = 2.5$  sec.) zu beobachten, gefolgt vom marginal größeren bei den einfachen Streckenabschnitten ( $MW = 3.4$  sec.). Der höchste Wert zeigt sich mit  $MW = 12.6$  sec. bei den komplexen Streckenabschnitten. Betrachtet man die einzelnen Streckenarten, so läßt sich bei der Landstraße beobachten, daß mit steigender Komplexität die durchschnittliche Unterschreitung des TTC-Wertes zunimmt. Der kleinste Wert ist bei der Baseline mit 1.8 sec. aufzufinden, ein mittlerer bei den einfachen ( $MW = 4.7$  sec.) und der höchste mit  $MW = 17.7$  sec. bei den komplexen Abschnitten (mindestens  $p < .005$ ). Bei der Autobahn ergibt sich ebenfalls der kleinste Wert bei der Baseline mit  $MW = 2.2$  sec.. Dieser unterscheidet sich jedoch nicht von dem Wert der komplexen Abschnitte ( $MW = 2.8$  sec.). Der signifikant größte Wert ist demnach bei den einfachen Abschnitten mit  $MW = 6.15$  sec. zu finden ( $p < .05$ ).

### Relative Häufigkeit der Unterschreitungen des kritischen TTC-Wertes

Nachfolgend wird die relative Häufigkeit der Unterschreitungen betrachtet. Die jeweils unterschrittene Fahrtdauer ist bereits oben betrachtet worden und soll nun außer acht gelassen werden.

### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Auch hier zeigt sich wiederum ein Unterschied in den verschiedenen Situationskomplexitäten ( $\chi^2 = 87.0$ ,  $p < .001$ ). Dabei unterscheiden sich alle drei Situationskomplexitäten voneinander. Erwartungsgemäß weist die Baseline die niedrigste Häufigkeit auf ( $MW = 0.15$ , bzw. in 15 % der Baseline-Situationen). Der zweithöchste Wert tritt bei den komplexen ( $MW = 0.37$ ) und der höchste bei den einfachen Situation ( $MW = 0.41$ ) auf. Alle Unterschiede sind dabei signifikant auf  $p < .001$ . Die Variable Alter zeigt einen Effekt, der auf die größere Anzahl der Unterschreitungen bei den jüngeren als bei den älteren Fahrern in den komplexen Situationen zurück zu führen ist ( $z = -2.9$ ,  $p < .001$ , jüngere:  $MW = 0.43$ , ältere:  $MW = 0.32$ ).

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Die Gegenüberstellung der Autobahn- und Landstraßen-Abschnitte zeigt eine geringere Häufigkeit der Unterschreitungen bei den erst genannten Streckenabschnitten ( $z = -5.17$ ,  $p < .001$ ; AB:  $MW = 0.28$ , Lst:  $MW = 0.42$ ). Die verschiedenen Komplexitäten der Streckenabschnitte weisen auf einen signifikanten Unterschied hin ( $\chi^2 = 55.88$ ,  $p < .001$ ), mit dem kleinsten Wert



bei der Baseline, gefolgt von den komplexen Streckenabschnitten und dem größten Wert bei den einfachen Streckenabschnitten. Die jeweiligen Werte sind Tabelle 39 zu entnehmen.

Tabelle 39: Durchschnittliche (MW) relativen Häufigkeit TTC-Werte unter 1.7 sec. und Standardabweichung (SD) bei Baseline, einfachen und komplexen Streckenabschnitten

Streckenabschnitte	MW	SD
<b>Baseline</b>	0.16	0.16
<b>einfach</b>	0.51	0.20
<b>komplex</b>	0.39	0.20

Bei der Analyse der Streckenarten zeigt sich sowohl bei der Landstraße als auch bei der Autobahn die kleinste Häufigkeit der Unterschreitung bei der Baseline (MW = 0.14 vs. MW = 0.18 respektive). Die zweitgrößte Häufigkeit ist bei der Autobahn und dann bei den einfachen Abschnitten (MW = 0.32) aufzufinden, die sich jedoch nicht von den komplexen unterscheiden (MW = 0.35). Bei der Landstraße ist die zweitgrößte Häufigkeit hingegen bei den komplexen Abschnitten und die größte bei den einfachen zu beobachten (MW = 0.42 vs. MW = 0.69, respektive). Alle Unterschiede sind dabei auf  $p < .001$  signifikant.

Die jüngeren Fahrer unterschreiten sowohl bei der komplexen Landstraßen- als auch bei den komplexen Autobahn-Abschnitten den kritischen Abstand häufiger als die älteren Fahrer (komplexe Landstraße  $z = -2.85$ ,  $p < .001$ ; komplexe Autobahn  $z = -3.1$ ,  $p < .001$ ).

Tabelle 40: Durchschnittliche (MW) relativen Häufigkeit TTC-Werte unter 1.7 sec. und Standardabweichung (SD) bei komplexen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Alter

	Lst: komplex		AB: komplex	
	MW	SD	MW	SD
<b>‘Jung’</b>	0.48	0.09	0.47	0.28
<b>‘Alt’</b>	0.35	0.23	0.23	0.29

#### 4.2.7 Diskussion der fahrdynamischen Größen

Sowohl bei der Analyseseinheit 1 als auch bei der Analyseseinheit 2 hat der Schwierigkeitsgrad der Strecke eine deutliche Auswirkung auf die durchschnittliche Fahrzeug-Geschwindigkeit. So wird eine niedrigere Geschwindigkeit bei komplexeren Streckenabschnitten gefahren. Auch wenn die Komplexität der Sekundäraufgabe keinen Unterschied in der Wahl der Geschwindigkeit hervorruft, zeigt sich aber, daß die Zweitaufgabe an sich einen Effekt ausübt. So

wird auf der Autobahn die höchste durchschnittliche Geschwindigkeit bei der Baseline und die niedrigste bei dem komplexen Abschnitt gefahren. Selbiges trifft auch bei der Analyseeinheit 1 zu. Bei der Landstraße ist dieser Kompensationsmechanismus nur teilweise wieder zu finden. Zwar ist hier die Geschwindigkeit auf den komplexen Streckenabschnitten niedriger als auf der einfachen Streckenabschnitten und der Baseline, letztere unterscheiden sich jedoch nicht voneinander. Wie auch bei der Studie von z.B. Dahmen-Zimmer et al. (1998) zeigt sich hier kein Effekt der Sekundäraufgabenschwierigkeit auf die gefahrene Geschwindigkeit. Es ist jedoch deutlich ein Effekt der Situationskomplexität zu erkennen. Eine mögliche Erklärung dafür könnte die entsprechende Kompensation durch eine geringere Leistung in der hochkomplexen Sekundäraufgabe sein, wie schon im Kapitel Diskussion der Sekundäraufgabe dargestellt wurde.

Sowohl bei der Analyseeinheit 1 als auch bei der Analyse der Geschwindigkeit auf der Autobahn zeigt sich eine höhere Geschwindigkeit bei Männern als bei Frauen.

Das Alter wirkt sich dahingehend aus, daß ältere Fahrer eine geringere Geschwindigkeit bevorzugen als jüngere. Allerdings zeigt sich dieser Unterschied nicht bei den Baseline-Abschnitten (Analyseeinheit 1 & 2) bzw. bei den einfachen Landstraßen-Abschnitten. Dies deutet darauf hin, daß ältere Fahrer mit einer Geschwindigkeitsreduktion bei zunehmender Beanspruchung reagieren. Insgesamt kann man sagen, daß die durchschnittliche Geschwindigkeit sehr wohl die zusätzliche Beanspruchung durch die Sekundäraufgabe widerspiegelt; vor allem wenn man auch Situationen verschiedener Komplexität betrachtet. Die Kompensation drückt sich dabei durch die Wahl einer geringeren Geschwindigkeit aus. Somit werden die Ergebnisse von beispielsweise Verwey (z.B. 1996a) widerlegt, welcher keinen Unterschied in der durchschnittlichen Fahrzeug-Geschwindigkeit während der Bearbeitung von Sekundäraufgaben verglichen mit der Baseline auffinden kann (Stadt mit Sekundäraufgabe 34 km/h, ohne Sekundäraufgabe 37 km/h).

Bei der Standardabweichung der Geschwindigkeit wird angenommen, daß bei steigender Beanspruchung die Fahrweise unruhiger wird und damit auch die Standardabweichung der Geschwindigkeit eine höhere Variabilität bedingt. Die Ergebnisse zeigen jedoch starke Widersprüche auf.

Bei der Betrachtung der Autobahn-Abschnitte ist zu erkennen, daß mit steigendem Schwierigkeitsgrad der Streckenabschnitte die Standardabweichung der Geschwindigkeit abnimmt. So kann hier die niedrigste Standardabweichung bei dem komplexen Autobahn-Abschnitt und die höchste bei der Baseline beobachtet werden. Andererseits steigt die Standardabweichung mit zunehmendem Alter an. Bei der Landstraße ist die höchste Standardabweichung der Geschwindigkeit bei den komplexen Abschnitten anzutreffen und die niedrigste bei den einfachen Abschnitten. Bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten tritt zudem eine höhere Standardabweichung der Geschwindigkeit bei den jüngeren Fahrern auf, so daß auch diese Abschnitte ebenfalls nicht auf einheitliche Ergebnisse hinweisen.

Bei Analyseeinheit 1 ergibt sich die höchste Standardabweichung bei den komplexen Streckenabschnitten, gefolgt von der Baseline und den einfachen Streckenabschnitten.

Nach Verwey (z.B. 1996c) gilt eine Abweichung der Standardabweichung der Geschwindigkeit von mehr als 13 % als sicherheitskritisch, bei geraden Streckenabschnitten während der Bearbeitung von Sekundäraufgaben verglichen mit der Baseline. Die vorliegenden Ergebnisse liefern keinen Hinweis dieser Art. Weiterhin muß auch wegen der fehlenden Einheitlichkeit dieser Ergebnisse davon ausgegangen werden, daß die Diagnostizität mit diesem Maß in diesem experimentellen Setting gering einzustufen ist.

Verglichen dazu zeigt das direkte Maß der Fahrzeug-Längsregelung, die Standardabweichung der Gaspedalstellung, konsistente Ergebnisse. Wie schon oben beschrieben wird dieses Maß nur solange das Fahrzeug auf der rechten Spur fährt berücksichtigt. Es gilt als Indikator für die Regelaktivität. Ziel ist es die „Veränderung der Geschwindigkeitsregulation im Sinne eines unruhigen Fahrverhaltens aufgrund reduzierter Aufmerksamkeitszuwendung auf die Fahrzeugführung“ (Becker et al. 1995, S. 67) zu ermitteln. Dies zeigt sich auch in der vorliegenden Arbeit. Desto beanspruchender die Situationen sind, desto höher ist auch die beobachtete Regelaktivität. Bei beiden oben vorgestellten Berechnungsarten verursacht die Baseline die niedrigste Regeltätigkeit. Zudem nimmt mit zunehmenden Alter die Regeltätigkeit zu, was für die höher erlebte Beanspruchung bei älteren Fahrern spricht. Es zeigt sich jedoch auch, daß bei den komplexen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten das Regelverhalten bei den älteren und jüngeren gleich ist.

Die höhere Regelaktivität bei Landstraßen als bei Autobahnen kann auf eine reduzierte Aufmerksamkeitszuwendung zurück zu führen sein. Es ist aber nicht auszuschließen, daß die unterschiedlichen Anforderungen an die Geschwindigkeit (wechselnde Geschwindigkeitsbeschränkungen) auch einen Teil dazu beitragen.

Das Time-To-Line-Crossing (TLC) ist ein Maß für die Spurführungsqualität. Hierbei wird die Fahrzeit betrachtet, die vergeht bis das Fahrzeug, sofern keine Richtungsänderung vorgenommen wird, die Spur verlassen wird. Auswertungen mit diesem Maß ergeben insgesamt wenig signifikante Effekte.

Bei Betrachtung der Situationen nach Analyseeinheit 1 ergibt sich der höchste TLC-Wert bei den komplexen Situationen. Dies würde für eine ruhigere Spurführung als bei den einfachen Streckenabschnitten und der Baseline sprechen. Bei Analyseeinheit 2 zeigt sich bei der Autobahn hingegen die ruhigste Spurführung bei der Baseline und die unruhigste bei einfachen Abschnitten mit einem TLC-Wert von durchschnittliche 1.9 sec. Bei Landstraßen-Abschnitten ergeben sich hingegen keine signifikante Unterschiede.

Auch der kritische Anteil des TLC-Wertes zeigt im allgemeinen die kürzesten kritischen Gesamtdauern, bei denen der TLC-Wert unterhalb 1.5 sec. liegt, bei den komplexen Abschnitten (Analyseeinheit 1 und 2). Dies könnte für eine Kompensation bei der Doppelaufgabenbeanspruchung sprechen. Die Dauer der Unterschreitungen der 1.5 sec. bis zur Spurüberschrei-

tung zeigt beispielsweise bei Analyseeinheit 2, daß dies bei den komplexen Abschnitten in 20 %, bei der Baseline in 25 % und schließlich bei den einfachen Abschnitten in 27 % der Zeit auftritt. Betrachtet man zusätzlich die Spurhaltefehler, so stellt man fest, daß höhere TLC-Werte, beispielsweise bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten, zu mehr Spurüberschreitungen führen. Andererseits zeigen die Daten auch, daß es bei der Baseline der Landstraße zu fast keiner Spurüberschreitung kommt, während die Fahrer zu fast einem Viertel der Zeit zu Unterschreitung des 1.5 sec. TLC-Wertes neigen. Dies zeigt die Problematik der Ermittlung und der Festlegung von kritischen Werten zur Bewertung von MMI-Systemen, da gleiche Werte unterschiedliche Verhaltensweisen reflektieren können. Während bei der Baseline die Unterschreitung des kritischen TLC-Wertes ein kalkuliertes Risiko ist, kann man während der Bearbeitung einer Sekundäraufgabe nicht zwangsläufig davon ausgehen. Demnach ist auch die Relativierung der Werte für die einzelnen Versuchsteilnehmer nicht sinnvoll. Zudem wird hier klar, daß beide Maße relevant sind um das Gesamtbild des Verhaltens erfassen zu können. Während die TLC-Werte also eine Interpretation der Daten in Richtung Kompensation mit zunehmender Komplexität befürworten, kann bei Betrachtung der Spurüberschreitungen nicht mehr davon ausgegangen werden.

Ähnliche Zusammenhänge zwischen Spurüberschreitungen und kritischen TLC-Werten zeigen sich auch bei den älteren Fahrern. Die geringere Unterschreitung des TLC-Wertes von 1.5 sec. bei den älteren Probanden führt trotzdem zu höheren Spurhaltefehlern. Auch hier kann also nicht von einer gelungenen Kompensation ausgegangen werden. Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen der Telefon-Studie von Becker et al. (1995), so zeigen sich weder bei der Sprech-Phase noch bei der Wählbedingung signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Experimentalbedingung im TLC-Maß. Auch bei der Betrachtung der kritischen Zeitanteile, d.h. der TLC-Werte die sich zwischen 0 - 5 sec. befinden, ist keine Verschlechterung während des Telefonierens zu beobachten. Vielmehr kann man erkennen, daß bei den erfahrenen Probanden der Prozentsatz der kritischen TLC-Werte bei allen Wählbedingungen sogar niedriger ist als bei der Baseline, was für eine Kompensation sprechen könnte. Allerdings läßt sich ohne die tatsächlichen Spurüberschreitungen nicht sagen, ob eine gelungene Kompensation statt findet.

Gleiches trifft auch für die Studie von Verwey (1996a) zu, in der die Untersuchung des kritischen TLC-Wertes von 1.1 sec. bei der Bedingung mit IVIS zu elf und bei der Kontrollbedingung zu neun Unterschreitungen bei Fahrten auf geraden innerstädtischen Abschnitten führt. Dabei kommt es jeweils zu vier Spurüberschreitungen bei der Versuchsbedingung mit Sekundäraufgabe, von denen drei vom Fahrlehrer als kritisch beschrieben werden. Im Gegensatz dazu wird keine der vier Überschreitungen der Kontrollbedingung vom Fahrlehrer als sicherheitsbeeinträchtigend eingestuft.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, daß die hier verwendeten Maße zur Beschreibung der lateralen Fahrzeug-Position nur im Zusammenhang mit tatsächlichen Spurüber-

schreitungen genügend Diagnostizität für die Betrachtung von Ablenkungsphänomene aufweisen. Es ist jedoch auch festzuhalten, daß dieser hoch automatisierte Prozeß, als Teil der Fahraufgabe auf der Kontroll-Ebene, offensichtlich durch eine Sekundäraufgabe beeinträchtigt wird (siehe auch Verhaltensdaten: Spurhaltefehler). Auch De Waard (1996) weist beispielsweise auf die von Schneider und Fisk (1983) verwendete Argumentation hin, daß es keine rein automatisierte oder kontrollierte Prozesse gibt. Vielmehr setzen sich Prozesse aus automatisierten und kontrollierten Anteilen zusammen, was die Veränderung der Performanz erklären könnte.

Für die Einschätzung des Sicherheitsrisikos des situationsspezifischen Abstandsverhaltens (Becker et al. 1995) wird die Anzahl und Dauer der Unterschreitungen des kritischen TTC von 1.7 sec. pro Minute analysiert. Die Baseline ergibt sich dabei als derjenige Abschnitt, mit der geringsten Häufigkeit und der kürzesten Dauer der Unterschreitung des kritischen TTC-Wertes. Lediglich  $MW = 1.5$  sec. bzw.  $MW = 2.5$  sec. (Analyseeinheit 1 bzw. 2 respektive) lang wird der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug nicht eingehalten.

Im Gegensatz dazu wird bei den komplexen Abschnitten bis zu durchschnittlich  $MW = 12.6$  sec. pro Minute der kritische TTC unterschritten. Bei der komplexen Landstraße kommt es sogar zu einer Unterschreitung des 1.7 sec.-TTC's von insgesamt rund 18 sec.. Die Anzahl der Unterschreitungen weisen darauf hin, daß innerhalb der komplexen Landstraßen-Abschnitte zwar häufiger als bei der Baseline, jedoch seltener als bei den einfachen Abschnitten dieser kritische Mindestabstand unterschritten wird. Es zeigt sich ansatzweise, daß bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten auch ein zu geringer beobachtbarer Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug auftritt. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 6 % können die Fahrer in dieser Situation während der Bearbeitung der Sekundäraufgabe nicht auf ein unvorhersehbares Verhalten des vorausfahrenden Fahrers reagieren.

Bei den komplexen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten versuchen die Älteren weniger häufig in den kritischen Bereich zu kommen. Da sich die Dauer der Unterschreitungen nicht unterscheidet kann davon ausgegangen werden, daß die älteren Fahrer länger brauchen um aus den kritischen Bereich zu kommen.

### **4.3 Physiologische Maße**

#### **4.3.1 Herzrate**

##### **4.3.1.1 Durchschnittliche Herzrate**

Für die nachfolgenden Analysen wird Median der Herzrate verwendet.

#### **Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen**

Bei diesem Vergleich ergeben sich zwei signifikante Resultate. Zum einen zeigt der Haupteffekt der Situationskomplexität [ $F(2,49) = 6.5$ ,  $p < .003$ ], daß die durchschnittliche Herzrate

der Baseline mit  $MW = 85.7$  Bpm niedriger liegt als die der einfachen Situationen ( $MW = 89.5$  Bpm) und diese wiederum niedriger als die der komplexen mit  $MW = 90.8$  Bpm. Alle Vergleiche sind dabei auf mindestens  $p < .003$  signifikant.

Das zweite signifikante Ergebnis wird durch die Interaktion von Alter x Geschlecht verursacht, [ $F(1,50) = 6.4$ ,  $p < .014$ ], bei der sich zeigt, daß bei den jüngeren Fahrern die Männer ( $MW = 83.7$  Bpm) eine signifikant niedrigere Herzrate haben als die Frauen ( $MW = 93.3$  Bpm). Bei den älteren Fahrern ist dagegen kein Unterschied zu beobachten.

### **Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte**

Bei der Analyse der Streckenarten zeigt sich nur eine marginal höhere durchschnittliche Herzrate bei der Landstraße ( $MW = 89.3$  Bpm) gegenüber der Autobahn [ $MW = 88.6$  Bpm;  $F(1,50) = 3.14$ ,  $p < .082$ ].

Wie auch bei der Analyseeinheit 1 ist der Effekt der Streckenkomplexität [ $F(2,49) = 10.9$ ,  $p < .001$ ] zu erkennen. Dabei unterscheidet sich die Baseline nur marginal von den einfachen Abschnitten ( $MW = 85.9$  Bpm vs.  $MW = 89.1$  Bpm respektive,  $p < .1$ ). Dagegen unterscheiden sich beide jedoch von den höheren Werten der komplexen Abschnitte mit  $MW = 92.0$  Bpm ( $p < .001$ ). Die Interaktion Streckenart x Streckenkomplexität [ $F(2,49) = 8.1$ ,  $p < .001$ ] hingegen weist bei der Landstraße darauf hin, daß die Herzrate mit steigender Beanspruchung durch die Situationen ansteigt. Der niedrigste Wert ist somit bei der Baseline mit  $85.1$  Bpm, der zweithöchste bei den einfachen ( $MW = 88.8$  Bpm) und der höchste bei den komplexen Streckenabschnitten mit  $MW = 93.9$  Bpm (jeweils  $p < .001$ ). Bei der Autobahn steigen die Werte ebenfalls signifikant mit der Komplexität an (mindestens  $p < .014$ ). Die einfachen Abschnitte unterscheiden sich jedoch nicht von den komplexen. Bei dieser Streckenart ergibt sich während der Baseline eine durchschnittliche Herzrate von  $MW = 85.9$  Bpm, bei der einfachen  $MW = 89.4$  Bpm und bei den komplexen  $MW = 90.1$  Bpm. Die durchschnittliche Herzrate für Landstraßen und Autobahnen ist in Abbildung 67 dargestellt.

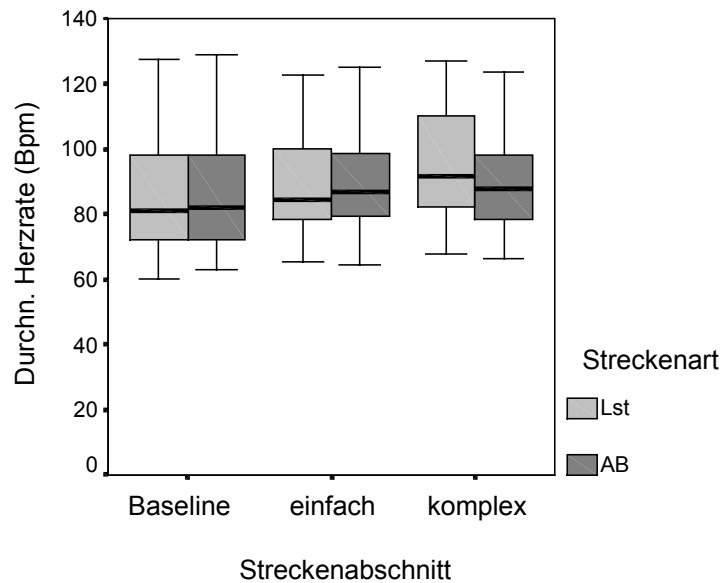


Abbildung 67: Durchschnittliche Herzrate bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Die Interaktion zwischen Streckenart x Alter [ $F(1,50) = 10.1$ ,  $p < .003$ ] läßt bei den jüngeren Fahrern eine niedrigere Herzrate bei der Autobahn (MW = 88.1 Bpm) als bei der Landstraße (MW = 90.1 Bpm,  $p < .001$ ) erkennen. Bei den älteren Fahrern ergibt sich dagegen kein Unterschied.

Weiterhin ergibt sich bei den jüngeren Fahrern eine niedrigere Herzrate bei den Männern mit MW = 84.1 Bpm (Interaktion Alter x Geschlecht, [ $F(1,50) = 6.3$ ,  $p < .015$ ]) als bei den Frauen mit MW = 93.8 Bpm.

#### 4.3.1.2 Relativierte durchschnittliche Herzrate

Für die folgenden Analysen wird pro Versuchsperson die Differenz des Medians der jeweiligen Situation bezüglich der Eingewöhnungsfahrt (Fahrt ohne Sekundäraufgabe), die vor dem Versuch erhoben wurde, als Ausgangspunkt für die Berechnung verwendet. Somit werden die Herzratenwerte individuell hinsichtlich der versuchspersonenspezifischen Baseline-Werten aus der Ruhemessung relativiert.

#### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die Herzrate ist bei der Baseline am niedrigsten, mit einer durchschnittlichen Differenz von MW = -0.4 Bpm. Der zweithöchste Wert ist bei den einfachen Situationen und der höchste bei den komplexen (einfach: MW = 3.6 Bpm vs. komplex: MW = 5.5 Bpm, [ $F(2,49) = 84.3$ ,  $p < .001$ ], jeweils  $p < .001$ ) aufzufinden.

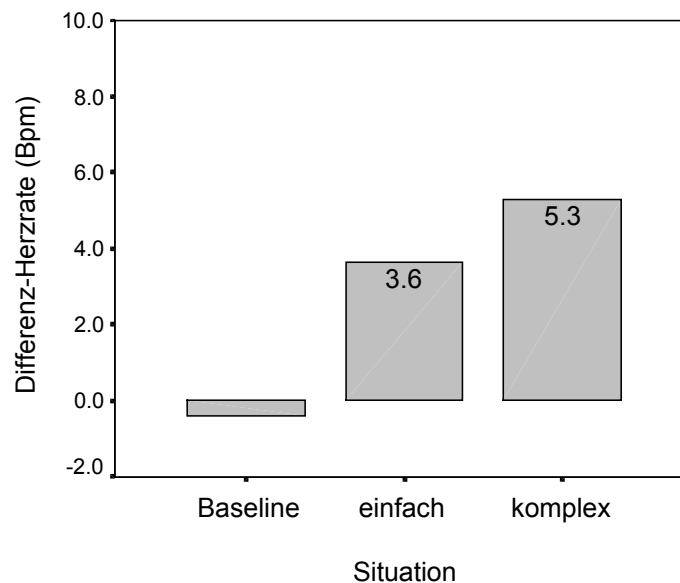


Abbildung 68: Durchschnittliche relativierte Herzrate bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen

Bei den jüngeren Fahrern (MW = 3.5 Bpm) zeigt sich eine höhere Zunahme der Herzrate als bei den älteren Fahrern [MW = 2.1 Bpm;  $F(1,50) = 11.5$ ,  $p < .001$ ], was lediglich auf den einfachen und komplexen Situationen beruht, jedoch nicht auf der Baseline (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Durchschnittliche relativierte Herzrate (MW), Standardabweichung (SD) und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Situationen	'Jung'		'Alt'		Sign.-Niv.
	MW	SD	MW	SD	
<b>Baseline</b>	-0.75 Bpm	0.25 Bpm	-0.06 Bpm	0.27 Bpm	n.s.
<b>einfach</b>	4.83 Bpm	0.42 Bpm	2.29 Bpm	0.45 Bpm	$p < .001$
<b>komplex</b>	6.50 Bpm	0.51 Bpm	3.97 Bpm	0.54 Bpm	$p < .001$

Die Interaktion zwischen Situationskomplexität x Sekundäraufgabenkomplexität x Alter deutet darauf hin, daß lediglich bei der niedrigen Sekundäraufgabenkomplexität ein Unterschied zwischen jüngeren und älteren Fahrern auftritt, mit einer höheren relativierten Herzrate bei den jüngeren als bei den älteren Fahrern. Dies trifft sowohl bei der einfachen als auch bei den komplexen Situationen zu ( $F(2,27) = 13.6$ ,  $p < .001$ , siehe anschließende Abbildung).



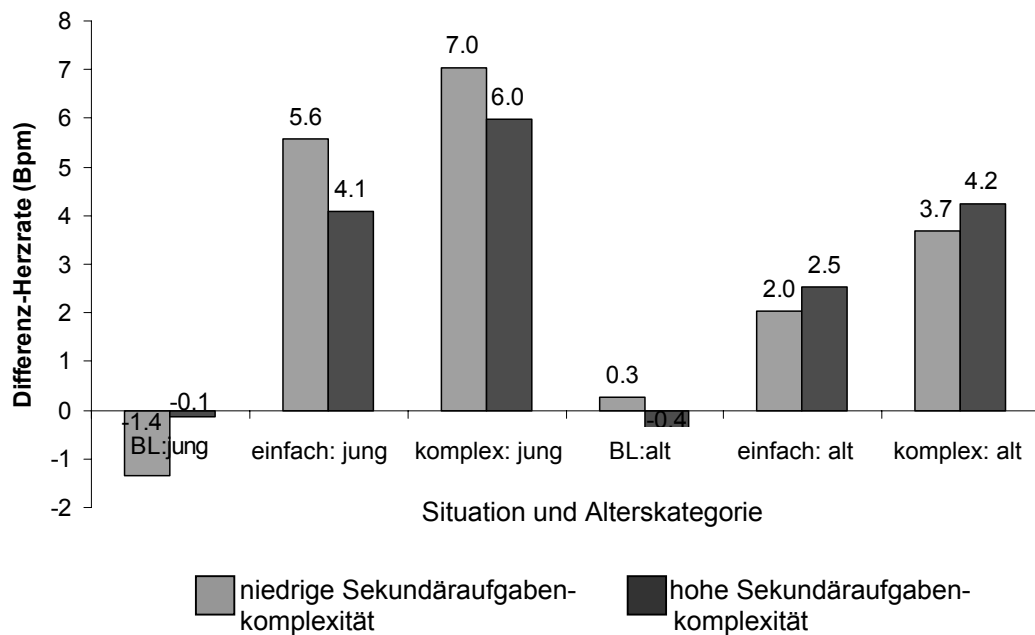


Abbildung 69: Durchschnittliche relativierte Herzrate bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit von Alter und Sekundäraufgabenkomplexität

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Auch bei dieser Berechnung ergibt sich ein Unterschied der Streckenkomplexität [ $F(2,49) = 123.5$ ,  $p < .001$ ] mit der niedrigsten Differenz der Herzrate zwischen Experimental- und Kontrollbedingung (Eingewöhnungsfahrt) bei der Baseline mit  $MW = -0.2$  Bpm. Die nächst höhere Differenz bilden die einfachen ( $MW = 3.3$  Bpm) und die höchste die komplexen ( $MW = 6.7$  Bpm) Streckenabschnitte. Die auftretenden Unterschiede sind dabei auf  $p < .001$  signifikant. Die Art der Strecke unterscheidet sich ebenfalls durch eine niedrigere Herzrate bei der Autobahn (AB:  $MW = 2.6$  Bpm vs. Lst:  $MW = 3.9$  Bpm; [ $F(1,50) = 25.9$ ,  $p < .001$ ]). Auch die Interaktion zwischen Streckenkomplexität x Streckenart ist signifikant [ $F(2,49) = 27.1$ ,  $p < .001$ ]. Wie in der nachfolgenden Abbildung 70 zu erkennen ist, ergibt sich bei der Landstraße das bereits erwähnte Muster mit der niedrigsten Herzrate bei der Baseline, der zweithöchsten bei den einfachen und der höchsten bei den komplexen Streckenabschnitten (jeweils  $p < .001$ ). Bei der Autobahn unterscheidet sich lediglich die Baseline ( $p < .001$ ) von den restlichen Situationen. Auch zeigt sich, daß sich bei den einfachen Abschnitten die Werte nicht bei Landstraße und Autobahn unterscheiden. Sie unterscheiden sich jedoch bei den komplexen Abschnitten ( $p < .001$ , siehe Tabelle 42 und Abbildung 70).

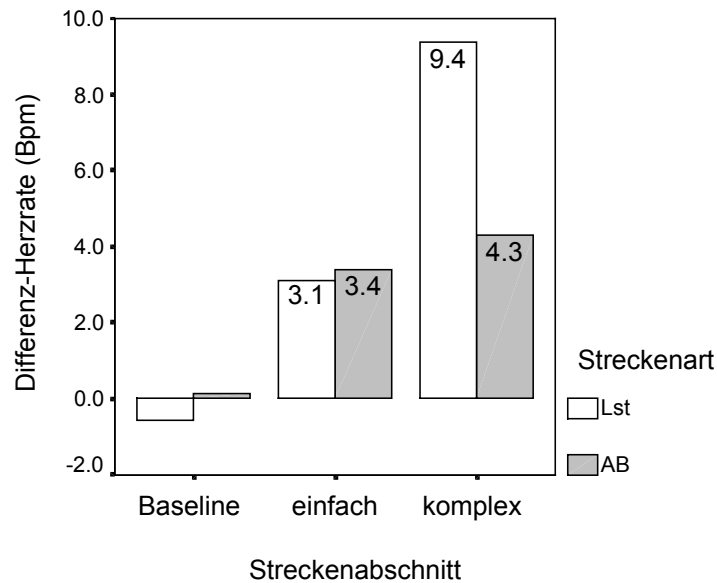


Abbildung 70: Durchschnittliche relative Herzrate bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Tabelle 42: Durchschnittliche relativierten Herzrate und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Baselines, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten

Streckenabschnitte	Landstraße	Autobahn	Sign. Niv.
<b>Baseline</b>	-0.6 Bpm	0.1 Bpm	n.s.
<b>einfach</b>	3.1 Bpm	3.5 Bpm	n.s.
<b>komplex</b>	9.1 Bpm	4.3 Bpm	$p < .001$

Der Haupteffekt Alter weist eine niedrigere Differenz der Herzrate bei den älteren Fahrern ('Jung':  $MW = 3.9$  Bpm vs. 'Alt':  $MW = 2.6$  Bpm,  $F(1,50) = 8.5$ ,  $p < .005$ ) auf. Wie die Interaktion zwischen Alter x Streckenart zeigt, unterscheiden sich die jüngeren von den älteren Fahrern lediglich bei der Landstraße ( $p < .001$ ). Zudem tritt lediglich bei den Jüngeren eine höhere relative Herzrate bei der Landstraße als bei der Autobahn auf. Bei den Älteren resultiert kein Unterschied aufgrund der Streckenart (siehe Abbildung 71).

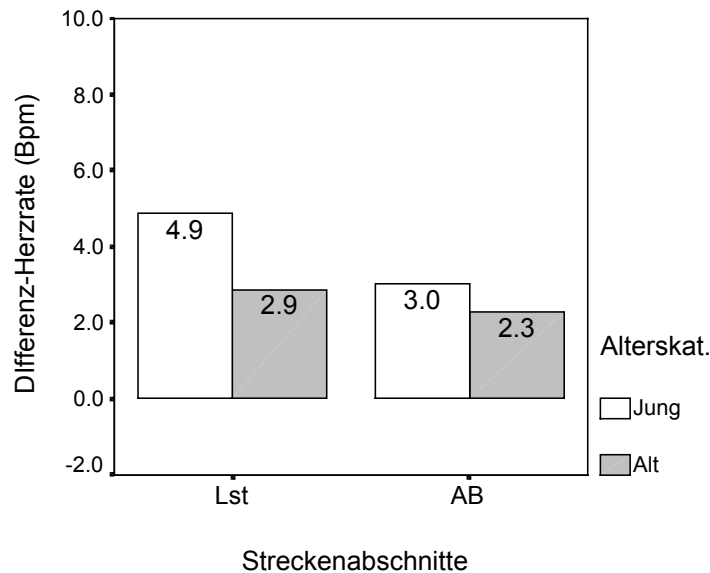


Abbildung 71: Durchschnittliche relativierte Herzrate bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Auch bei der Streckenkomplexität ist ein interaktiver Effekt mit der Alterskategorie zu erkennen. Dabei wird in der Baseline kein Unterschied zwischen jüngeren und älteren Fahrern deutlich. Dagegen weisen sowohl, bei den einfachen als auch bei den komplexen Streckenabschnitten die jüngeren Fahrer höhere Herzraten auf als die älteren (siehe Abbildung 72).

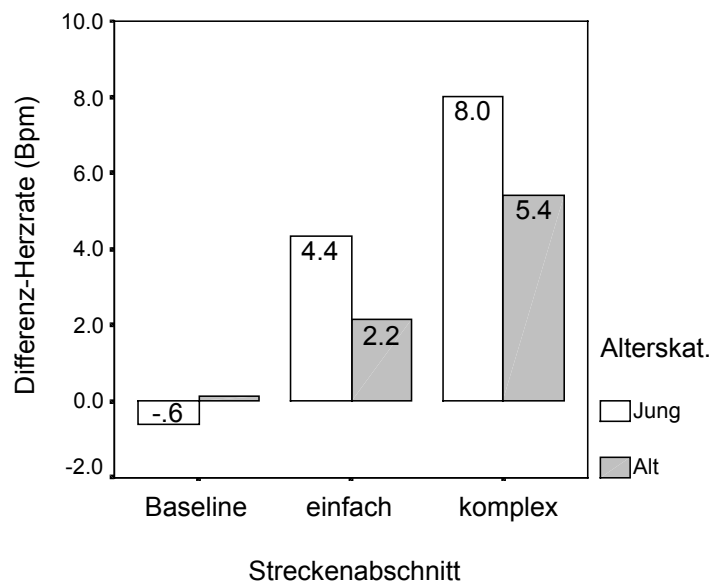


Abbildung 72: Durchschnittliche relativierte Herzrate bei Baseline, einfachen und komplexen Streckenabschnitten in Abhängigkeit vom Alter

Die dreifache Interaktion zwischen Streckenart x Sekundäraufgabenkomplexität x Alter zeigt dieselben Effekte für die niedrige und hohe Sekundäraufgabenkomplexität wie bereits oben, bei der Interaktion zwischen Streckenart x Alter beschrieben. Zudem lässt sich bei den jüngeren Fahrern auf der Autobahn ein Trend erkennen. Bei der niedrig-komplexen Sekundärauf-

gabe treten höhere Herzratenwerte auf als bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe (niedrig-komplex: MW = 3.7 Bpm vs. hoch-komplex: MW = 2.3 Bpm;  $p < .07$ ).

#### 4.3.2 Diskussion Herzrate

Sowohl bei der Auswertung nach der Situationseinteilung nach Analyseeinheit 1 als auch nach Analyseeinheit 2 ist der Einfluß der Streckenkomplexität auf die Herzrate auffällig. Dieser ist jedoch differenzierter bei der gemeinsamen Betrachtung von Streckenarten und Streckenkomplexitäten. Die Herzrate nimmt dabei mit der Komplexität zu. Bei der Baseline ergibt sich die geringsten und entsprechend die komplexen Abschnitte die höchsten erlebten Beanspruchungen. Dies stimmt mit Ergebnissen aus verschiedenen Studien von De Waard (z.B. 1996) überein, der ebenfalls bei den Experimentalbedingungen eine höhere Herzrate als bei der Baseline nachweisen kann. Weiterhin lassen die Daten darauf schließen, daß die erlebten Beanspruchungen bei den einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten gemessen an der Höhe der Herzrate, sich auf dem selben Niveau befinden. Es ergibt sich also kein Unterschied bei den einfachen gegenüber den komplexen Streckenabschnitten. Beide liegen jedoch höher als bei der Baseline. Die Sekundäraufgabe erhöht somit die Beanspruchung – bedingt jedoch keinen Unterschied bei den einfachen und komplexen Abschnitten.

Bei der insgesamt höher beanspruchenden Landstraße unterscheiden sich alle drei Streckenkomplexitäten hinsichtlich der Beanspruchung. Die geringste Beanspruchung wird demnach bei der Baseline, die mittlere bei den einfachen und die höchste bei den komplexen Abschnitten erlebt. Über alle Streckenabschnitte hinweg betrachtet ist die höchste Beanspruchung bei der komplexen Landstraße festzustellen.

Weiterhin zeigt sich bei der Betrachtung der Streckenarten, daß die Autobahn-Abschnitte weniger beanspruchend auf die Probanden wirken als die Landstraßen-Abschnitte. Dies trifft jedoch nur für die jüngeren Fahrer zu. Bei den älteren Fahrern führen offensichtlich beide Streckenarten auf dasselbe Beanspruchungsniveau. Dies ist auch zu beobachten wenn die normierte Herzrate, d.h. die Differenz zwischen der Eingewöhnungsfahrt und der Versuchsfahrt, betrachtet wird.

Bei der einzigen Interaktion mit der Variablen Sekundäraufgabe bei der relativierten Herzrate zeigt sich sowohl bei den niedrigen als auch bei den hohen Sekundäraufgabenkomplexitäten, daß die jüngere Fahrer eine höhere Beanspruchung erleben als die älteren Fahrer. Dies kann jedoch auch damit zusammenhängen, daß die durchschnittliche Herzrate bei den älteren Fahrern bereits auf einem relativ hohen Niveau ist, während bei den jüngeren Fahrern noch eine „Steigerung“ möglich ist.

Da im vorliegenden Fall mit der relativierten Herzratenanalyse keine zusätzlichen Informationen gewonnen werden können, kann bei den nachfolgenden Berechnungen davon abgesehen werden.

### 4.3.3 Blickverhalten

In den nachfolgenden Abschnitten wird sowohl die Blickdauer, Blickhäufigkeit als auch das Produkt von Blickdauer und Blickhäufigkeit (Gesamtabwendung) betrachtet. Ebenso wird auch die Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. analysiert.

Die betrachteten Blickorte sind das Tachometer, die Straße und das Sekundäraufgabendisplay in der Mittelkonsole.

In die Analyse geht aufgrund der zeitaufwendigen Blickauswertung (mindestens 4 h pro Versuchsperson) lediglich eine repräsentative, zufällige Auswahl von 26 Versuchspersonen ein. Dabei werden 14 jüngere (6 Frauen und 8 Männer) und 12 ältere (6 Frauen und 6 Männer) Fahrer berücksichtigt.

Da bisher in der Literatur kein Einfluß des Geschlecht auf das Blickverhalten nachgewiesen ist, soll auch bei den nachfolgenden Analysen diese Variable ausgeschlossen werden. Somit ergeben sich für die jeweiligen Analysen die Within-Variablen: Situations- bzw. Streckenkomplexitäten (Analyseeinheit 1: einfach vs. komplex, bzw. Analyseeinheit 2: einfache vs. komplexe Landstraßen- und Autobahn-Abschnitte) und Blickorte (Tachometer, Straße, Display). Als Between-Variablen gehen die Sekundäraufgabenkomplexität (niedrig vs. hoch) und das Alter ('Jung' vs. 'Alt') in die Analyse mit ein.

Da während der Baseline-Bedingung keine Sekundäraufgaben gestellt werden, ist in der Regel, d.h. wenn nicht anders angegeben, der Vergleich der Situationen mit einer Sekundäraufgabe gemeint.

#### 4.3.3.1 Blickdauer

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die Analyse weist auf einen signifikanten Haupteffekt beim Blickort [ $F(4,18) = 206.0$ ,  $p < .001$ ] hin, mit signifikant längeren Blicken auf die Straße (MW = 1.84 sec.) als auf das Display (MW = 1.17 sec.) und noch kürzeren auf das Tachometer (MW = 0.66 sec.). Die durchschnittlichen Blickdauern auf die verschiedenen Blickorte unterscheiden sich dabei signifikant voneinander ( $p < .001$ ).

Die Interaktion zwischen Streckenkomplexität x Blickort [ $F(4,18) = 6.6$ ,  $p < .001$ ] resultiert aus dem Anstieg der Blickdauer auf das Display (MW = 1.3 sec. vs. MW = 1.11 sec., respektive,  $p < .001$ ) und der Reduktion der Blickdauer auf die Straße bei den komplexen im Vergleich zu den einfachen Situationen (MW = 1.7 sec. vs. MW = 2.0 sec., respektive,  $p < .01$ ). Dabei sind die Blickdauern auf die Straße bei beiden Bedingungen kürzer als bei der Baseline (MW = 3.43 sec.,  $p < .001$ ). Die Blickdauern auf das Tachometer bei einfachen und komplexen Situationen bleiben dabei gleich. Während der Baseline-Bedingung kommt es zu vergleichba-

ren Blickdauern auf das Tachometer (MW = 0.69 sec.). Die diskutierten Werte sind in der Abbildung 73 und Tabelle 43 dargestellt.

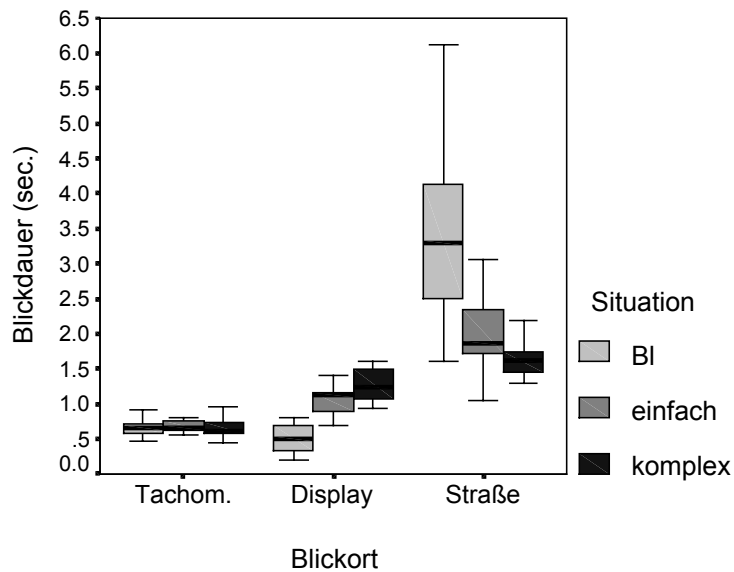


Abbildung 73: Durchschnittliche Blickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Blickort

Tabelle 43: Durchschnittliche (MW) Blickdauer und Standardabweichung (SD) bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit von Situationskomplexität und Blickort

Situationskomplexität	Tachometer		Display		Straße	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>Baseline</b>	0.69 sec.	0.03 sec.	0.6 sec.	0.45 sec.	3.43 sec.	0.30 sec.
<b>einfach</b>	0.66 sec.	0.02 sec.	1.08 sec.	0.04 sec.	2.00 sec.	0.08 sec.
<b>komplex</b>	0.65 sec.	0.02 sec.	1.25 sec.	0.05 sec.	1.68 sec.	0.08 sec.

Die älteren Fahrer (MW = 1.3 sec.) weisen eine längere Blickdauer als die jüngeren [MW = 1.1 sec.,  $F(4,18) = 3.1$ ,  $p < .001$ ] auf, was auf dem Unterschied zwischen den Blickdauern auf das Tachometer und auf die Straße beruht [Blickort x Alter  $F(4,13) = 3.2$ ,  $p < .04$ ]. Wie Tabelle 44 zu entnehmen ist, steigen sowohl bei den Situationen mit als auch ohne Sekundäraufgabe die Dauern der Blicke auf das Tachometer und auch auf die Straße mit dem Alter signifikant an.

Tabelle 44: Durchschnittliche (MW) Blickdauer, Standardabweichung (SD) und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) der Blickdauer in Abhängigkeit vom Alter, Blickort und Anwesenheit einer Sekundäraufgabe

Mit Sekundäraufgabe					
	'Jung'		'Alt'		
Blickort	MW	SD	MW	SD	Sign. Niv.
Tachom.	0.59	0.02	0.73	0.02	$F(1,24) = 25.14, p < .000$
Straße	1.62	0.08	2.09	0.10	$F(1,24) = 14.8, p < .001$
Display	1.13	0.05	1.26	0.06	n.s.

Ohne Sekundäraufgabe					
	'Jung'		'Alt'		
Blickort	MW	SD	MW	SD	Sign. Niv.
Tachom.	0.62	0.07	0.75	0.14	$F(1,24) = 11.14, p < .003$
Straße	3.00	0.92	4.38	1.92	$F(1,24) = 5.8, p < .024$

Während sich die Blickdauer unabhängig vom Blickort beim Vergleich der Situationen (einfach vs. komplex) nicht unterscheiden, zeigt sich bei zusätzlicher Betrachtung der Baseline, daß die längsten Blicke bei der Baseline aufzufinden sind. Während diese bei  $MW = 1.36$  sec. liegen, treten die zweitlängsten bei den einfachen Situationen und die kürzesten bei den komplexen Situationen ( $MW = 0.95$  sec. vs.  $MW = 0.86$  sec. respektive) auf. Somit ergibt sich eine Verkürzung der Blickdauer aus dem Anstieg der Situationskomplexität.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Die Variable Streckenart zeigt einen signifikanten Effekt [ $F(3,16) = 7.6, p < .001$ ] mit längeren Blickdauern bei den Landstraßen- als bei den Autobahn-Abschnitten ( $MW = 1.3$  sec. vs.  $MW = 1.1$  sec., respektive,  $p < .05$ ). Die einfachen Abschnitte unterscheiden sich dabei nicht von den komplexen in den jeweiligen Streckenabschnitten.

Werden die Blicke auf das Display ausgenommen, zeigt sich ein signifikanter Effekt der Verkehrssituationen [ $F(4,15) = 15.5, p < .001$ ], indem die längsten Blicke bei der Baseline auftreten ( $MW = 2.2$  sec.), gefolgt von der signifikant niedrigeren Blickdauer bei der einfachen Landstraße ( $MW = 1.4$  sec.). Alle anderen Streckenabschnitte unterscheiden sich nicht voneinander und haben eine durchschnittliche Blickdauer von  $MW = 1.1$  sec..

Die Analyse der Dauer unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Blickorte [ $F(2,17) = 134.5, p < .001$ ] ergibt die längsten Blicke auf die Straße mit  $MW = 1.7$  sec.. Auf das Display richtet der Fahrer seinen Blick durchschnittlich  $MW = 1.2$  sec. und auf das Tachometer  $MW = 0.7$  sec. lang. Alle Blickdauern unterscheiden sich dabei signifikant (mindestens  $p < .001$ ). Bei der Analyse der durchschnittlichen Blickdauern sowohl auf die Straße als auch

auf das Tachometer zeigt sich wiederum, daß die Blickdauern der älteren Fahrer länger als die der jüngeren sind. Auf dem Tachometer verweilt der Blick eines jüngeren Fahrers durchschnittlich  $MW = 0.6$  sec. lang und damit kürzer als der eines älteren Fahrers mit  $MW = 0.7$  sec. ( $p < .004$ ). Die Straße wird von den Älteren durchschnittlich  $MW = 2.1$  sec. von den Jüngeren  $MW = 1.6$  sec. lang betrachtet ( $p < .04$ ). Auch bei der Baseline sind die Blickdauern bei den älteren Fahrern auf die Straße und auf das Tachometer länger als bei den jüngeren.

Die Interaktion zwischen Streckenkomplexität x Blickort [ $F(6,13) = 12.6$ ,  $p < .001$ ] zeigt, daß die durchschnittliche Blickdauer auf das Tachometer bei den einfachen Situationen und der Baseline gleich sind (einfach:  $MW = 0.67$  sec. vs. BL:  $MW = 0.68$  sec.). Beide sind länger als bei den komplexen Abschnitten ( $MW = 0.60$  sec., mindestens  $p < .03$ ).

Bei der Analyse des Blickortes Display in Abhängigkeit von der Streckenart zeigt sich eine längere Blickdauer bei der Landstraße als bei der Autobahn ( $MW = 1.3$  sec. vs.  $MW = 1.1$  sec.,  $p < .001$ ). Weiterhin sind kürzere Blickdauern bei den einfachen im Vergleich zu den komplexen Streckenabschnitten ( $MW = 1.1$  sec. vs.  $MW = 1.3$  sec., respektive,  $p < .001$ ) zu beobachten. Im Paarvergleich ist die längste durchschnittliche Blickdauer auf das Display bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten ( $MW = 1.4$  sec., jeweils mindestens  $p < .001$ ) erkennbar. Die Blickdauern auf das Display während dem Befahren der anderen Streckenabschnitte unterscheiden sich dagegen nicht voneinander.

Bei der Untersuchung der durchschnittlichen Blickdauer auf die Straße zeigen sich signifikant längere Blicke auf die Landstraße als auf die Autobahn ( $MW = 1.9$  sec. vs.  $MW = 1.4$  sec., respektive,  $p < .001$ ). Zudem kommt es zu längeren Blickdauern bei den einfachen im Vergleich zu den komplexen Abschnitten ( $MW = 1.8$  sec. vs.  $MW = 1.5$  sec.  $p < .001$ , siehe auch Abbildung 74). Der längste Blick auf die Straße tritt, abgesehen von der Baseline ( $MW = 3.68$  sec.), in der einfachen Landstraßenbedingung auf ( $MW = 2.1$  sec.).



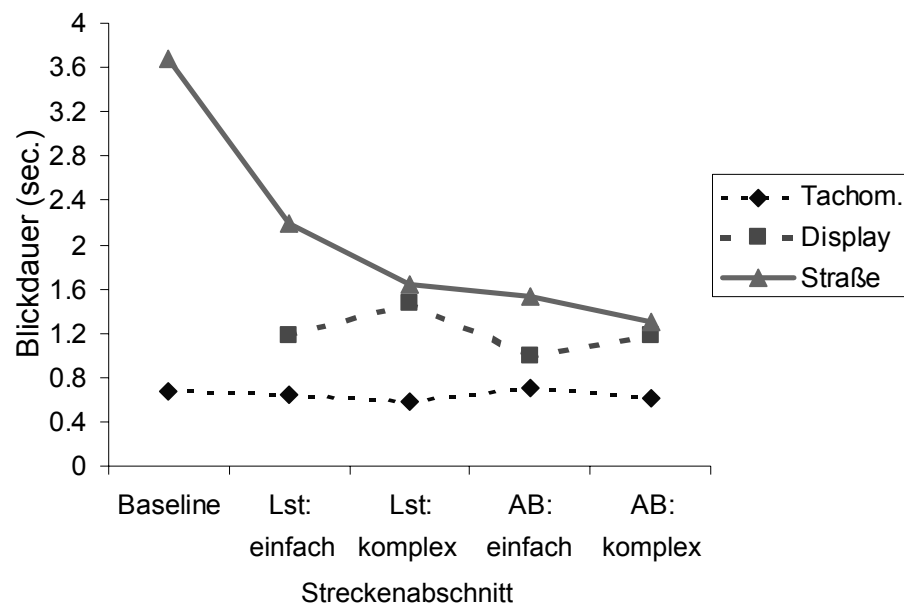


Abbildung 74: Durchschnittliche Blickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort

Wie in der nächsten Tabelle zu erkennen ist, besteht bei den komplexen Streckenabschnitten im Gegensatz zu den einfachen kein Unterschied mehr in den Blickdauern auf das Display bzw. auf die Straße. Somit ist die Blickdauer auf das Display genauso lang wie auf die Straße (Blickort x Streckenabschnitt  $F(6,13) = 12.6$ ,  $p < .001$ ). Bei den einfachen Abschnitten hingegen wird die Straße länger betrachtet.

Tabelle 45: Durchschnittliche Blickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort

Blickort	Baseline	Lst: einfach	Lst: komplex	AB: einfach	AB: komplex
<b>Tachometer</b>	0.68 sec.	0.65 sec.	0.58 sec.	0.70 sec.	0.62 sec.
<b>Display</b>	-	1.18 sec.	1.48 sec.	1.00 sec.	1.18 sec.
<b>Straße</b>	3.68 sec.	2.20 sec.	1.64 sec.	1.53 sec.	1.30 sec.

Darüber hinaus ist eine Interaktion zwischen Streckenkomplexität x Blickort x Sekundäraufgabenkomplexität festzustellen [ $F(3.6, 64.8) = 2.6$ ,  $p < .05$ ]. Dabei ist bei den einfachen Autobahn-Abschnitten erkennbar, daß die Blickdauern auf das Display bei den hoch- verglichen mit den niedrig-komplexen Sekundäraufgaben ansteigen (niedrig-komplex: MW = 0.7 sec. vs. hoch-komplex: MW = 1.1 sec.,  $p < .001$ ). Dementsprechend sinken die Blickdauern auf die Straße (niedrig-komplex: MW = 1.7 sec. vs. hoch-komplex: MW = 1.3 sec.,  $p < .004$ ). Der Anstieg der Blickdauern auf das Display während der Bearbeitung von hoch-komplexen Sekundäraufgaben ist auch während der komplexen Landstraße zu beobachten. Hier wird der Blick

sowohl bei der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe mit  $MW = 1.3$  sec. als auch bei der hoch-komplexen mit  $MW = 1.7$  sec. auf das Display gerichtet ( $p < .05$ , siehe Abbildung 75).

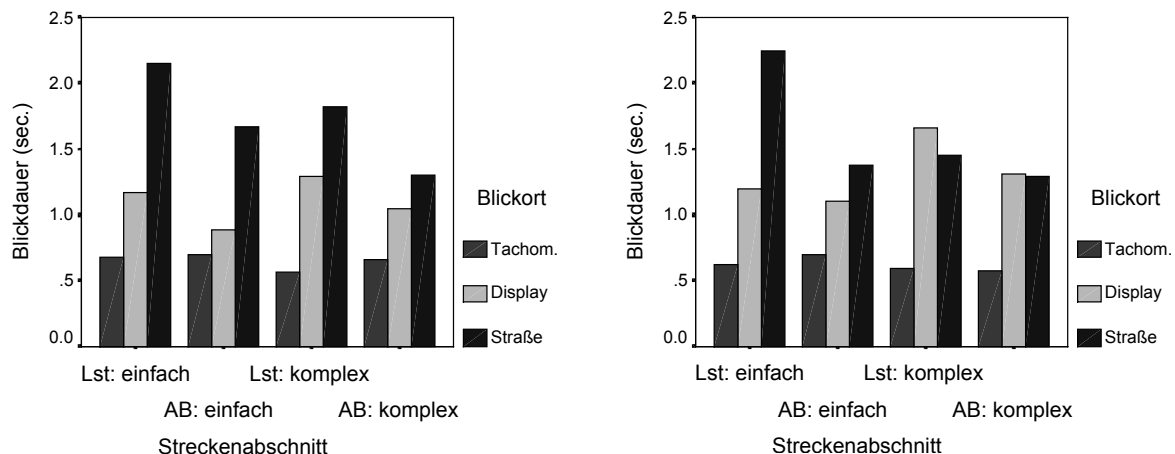


Abbildung 75: Durchschnittliche Blickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort; **niedrige** (links) bzw. **hohe** Sekundäraufgabenkomplexität (rechts)

#### 4.3.3.2 Blickhäufigkeit

In diesem Abschnitt soll über die Berechnungen der Blickdauer hinaus, die Blickanzahl betrachtet werden. Da die Dauern der Situationen unterschiedlich lang sind, wird nicht die absolute Anzahl der Blicke verwendet sondern diese bezüglich der Dauer der jeweiligen Situation relativiert.

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Die Untersuchung hinsichtlich der Situationskomplexität zeigt lediglich einen Trend mit einer relativen Blickhäufigkeit von  $MW = 22$  bei den einfachen und  $MW = 23$  bei den komplexen Abschnitten [ $F(1,24) = 3.6$ ,  $p < .068$ ] auf. Der Haupteffekt Blickort [ $F(2,23) = 248.3$ ,  $p < .001$ ] läßt erwartungsgemäß die geringste Anzahl der Blicke auf das Tachometer ( $MW = 9.5$ ), die zweithöchste auf das Display ( $MW = 23.1$ ) und die höchste Anzahl der Blicke auf die Straße ( $MW = 34.8$ , jeweils  $p < .001$ ) erkennen. Dies zeigt sich gleichermaßen sowohl bei den einfachen als auch bei den komplexen Streckenabschnitten (Blickort x Situationskomplexität [ $F(2,23) = 3.42$ ,  $p < .05$ ]).

Betrachtet man die Blickhäufigkeit bei der Baseline zeigt sich hier eine geringere Anzahl an Blicken auf die Straße als bei den einfachen und komplexen Abschnitten (mindestens  $p < .011$ ). Diese beiden unterscheiden sich wiederum nicht voneinander. Die Anzahl der Blicke auf das Tachometer ist bei den Abschnitten ohne Sekundäraufgabe höher als bei den einfachen und den vergleichbaren komplexen Situationen ( $p < .01$ ). Weiterhin ist zu beobachten, daß bei der Baseline die Anzahl der Blicke auf das Tachometer sich nicht von der Anzahl der

Blicke auf die Straße unterscheidet (siehe Tabelle 46). Die Blickhäufigkeit auf das Display unterscheidet sich weiterhin nicht bei einfachen und komplexen Situationen.

Tabelle 46: Durchschnittliche relative Blickhäufigkeit pro Minute (MW) bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Blickort

Blickort	Baseline	einfach	komplex
Tachometer	19.01	10.01	9.55
Display	-	21.75	22.51
Straße	25.71	33.23	36.65

Die jüngeren Fahrer weisen eine höhere Blickaktivität als die älteren Fahrer ('Jung': MW = 24.3 vs. 'Alt': MW = 20.6; [ $F(1,24) = 8.3, p < .008$ ]) auf. Das stimmt sowohl für die Blickhäufigkeit auf das Tachometer ('Jung': MW = 11.3 vs. 'Alt': MW = 7.7,  $p < .008$ ) als auch auf die Straße ('Jung': MW = 39.2, 'Alt': MW = 30.2,  $p < .001$ ). Dieser Unterschied existiert jedoch nur während der Bearbeitung der Sekundäraufgabe; d.h. bei der Baseline unterscheiden sich nicht die Anzahl der Blicke der jüngeren und älteren Fahrer auf das Tachometer bzw. auf die Straße.

Die dreifache Interaktion zwischen Situationskomplexität x Blickort x Sekundäraufgabenkomplexität [ $F(2,23) = 4.7, p < .02$ ] ist durch die höhere Blickanzahl von Blicken auf das Tachometer bei den einfachen gegenüber den komplexen Situationen während der Bearbeitung niedrig-komplexen Sekundäraufgaben bedingt. Bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe zeigt sich hingegen kein Unterschied dieser Art. Die Blickhäufigkeiten sind in Tabelle 47 aufgeführt.

Tabelle 47: Durchschnittliche relative Blickhäufigkeit pro Minute (MW) auf das Tachometer und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit von Sekundäraufgabenkomplexität

Situationen	Niedrig-komplexe Sekundäraufgabe	Hoch-komplexe Sekundäraufgabe
einfach	11.3	8.9
komplex	7.8	10.1
Sign. Niv.	$p < .001$	n.s.

Bei der Betrachtung der Blickhäufigkeiten unter Berücksichtigung der Baseline weist der Haupteffekt Situationskomplexität [ $F(2,21) = 31.8, p < .001$ ] durchschnittlich MW = 10.6 Blicke bei der Baseline auf. Signifikant mehr Blicke treten bei den einfachen (MW = 14.9) bzw. komplexen (MW = 15.4) Abschnitten auf, die sich untereinander jeweils nicht voneinander unterscheiden.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Bei dieser Analyse sind zwei Haupteffekte signifikant. Zum einen ist dies die Streckenart [ $F(1,24) = 27.4, p < .001$ ], mit mehr Blicken bei der Autobahn (MW = 26.5) als bei der Landstraße (MW = 22.4) und andererseits der Blickort [ $F(2,23) = 372.7, p < .001$ ], mit der geringsten Anzahl der Blicke auf das Tachometer (MW = 7.2), gefolgt vom Display (MW = 26.4) und der höchsten Anzahl bei der Straße (MW = 39.8). Alle Blickhäufigkeiten auf die einzelnen Blickorte unterscheiden sich dabei signifikant auf  $p < .001$ .

Wie die Interaktion zwischen Blickort x Streckenart zeigt [ $F(2,23) = 30.0, p < .001$ ], ist dieses Muster sowohl bei der Landstraße als auch bei der Autobahn aufzufinden (siehe auch Tabelle 48). Zudem zeigt sich, daß das Tachometer und die Straße bei der Landstraßenfahrt seltener betrachtet werden als bei der Autobahnfahrt ( $p < .001$ ).

Tabelle 48: Durchschnittliche relative Blickhäufigkeit pro Minute (MW) und Standardabweichung (SD) bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort

Blickort	Landstraße		Autobahn	
	MW	SD	MW	SD
Tachometer	5.75	0.50	8.70	0.77
Display	26.21	1.40	26.62	1.07
Straße	35.23	1.40	44.32	1.56

Die Interaktion der Streckenkomplexität x Streckenart [ $F(1,24) = 4.4, p < .048$ ] ist dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der einfachen Streckenabschnitte der Landstraße rund 20 % weniger Blicke auftreten als bei der Autobahn (MW = 21.7 vs. MW = 27.1 respektive,  $p < .001$ ). Bei den komplexen Streckenabschnitten zeigt sich dasselbe Bild mit einer durchschnittlichen Blickhäufigkeit bei der Landstraße mit MW = 23.1 vs. der Autobahn mit MW = 26.0 ( $p < .001$ ). Dabei unterscheiden sich die Anzahl der Blicke bei der Landstraße als auch bei der Autobahn nicht in den einfachen und komplexen Streckenabschnitten.

Im Zusammenhang mit den Blickorten [ $F(2,23) = 3.5, p < .047$ ] fällt die höchste Anzahl der Blicke auf das Tachometer in der Baseline. Gefolgt wird dieser Wert von den einfachen Streckenabschnitten, die sich wiederum signifikant von den komplexen Streckenabschnitten unterscheiden (mindestens  $p < .003$ ). Die geringste Blickhäufigkeit auf die Straße liegt bei der Baseline. Die Anzahl der Blicke auf das Sekundäraufgabendisplay ist bei den einfachen Abschnitten tendenziell geringer als bei den komplexen Abschnitten ( $p < .1$ ). Die genaue Anzahl der Blicke kann der Tabelle 49 entnommen werden.

Tabelle 49: Durchschnittliche relative Blickhäufigkeit pro Minute (MW) und Standardabweichung (SD) bei Baseline, einfachen und komplexen Streckenabschnitten in Abhängigkeit vom Blickort

Blickort	Baseline		einfach		komplex	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>Tachometer</b>	19.1	2.2	8.24	0.60	6.20	0.70
<b>Display</b>	-	-	25.41	1.36	27.42	1.22
<b>Straße</b>	25.74	1.9	39.60	1.56	39.95	1.34

Der Zusammenhang zwischen den Variablen Streckenart und Sekundäraufgabenkomplexität [ $F(1,24) = 4.2, p < .05$ ] beruht, wie auch schon oben erwähnt, auf der steigenden Blickaktivität während der Autobahn- im Vergleich zur Landstraßenfahrt. Dieses zeigt sich sowohl während der niedrigen als auch hohen Sekundäraufgabenkomplexität (siehe Tabelle 50).

Tabelle 50: Durchschnittliche relative Blickhäufigkeit pro Minute (MW) und Standardabweichung (SD) bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit von Sekundäraufgabenkomplexität

Streckenart	Niedrig-komplexe Sekundäraufgabe		Hoch-komplexe Sekundäraufgabe	
	MW	SD	MW	SD
<b>Landstraße</b>	22.23	1.2	22.56	1.3
<b>Autobahn</b>	26.38	1.3	26.71	1.3

Im Zusammenhang mit der Sekundäraufgabe läßt sich lediglich ein Trend bei der einfachen Autobahn dahingehend feststellen, daß bei der niedrigen Sekundäraufgabenkomplexität eine geringere Blickaktivität in Richtung Display vorhanden ist als bei der hohen Komplexität (niedrig-komplex: MW = 24.7 vs. hoch-komplex: MW = 30.0,  $p < .092$ ).

Die jüngeren Fahrer zeigen [ $F(1,24) = 4.4, p < .046$ ] eine höhere Blickhäufigkeit als die älteren (MW = 26.2 vs. MW = 22.8, respektive). Die dreifache Interaktion zwischen Streckenart x Blickort x Alter [ $F(2,23) = 6.0, p < .008$ ] ergibt jedoch nur bei der Landstraße bezüglich zwei Blickorten einen Altersunterschied. Zum einen beim Tachometer mit mehr Blicken bei den jüngeren Fahrern als bei den älteren. Zum anderen ist dies auch bei der Straße zu erkennen, nicht jedoch bei der Blickaktivität auf das Sekundäraufgabendisplay (siehe Tabelle 51).

Tabelle 51: Durchschnittliche relative Blickhäufigkeit pro Minute (MW) und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Landstraßen-Abschnitten in Abhängigkeit von Alter und Blickort

Blickort	‘Jung’	‘Alt’	Sign. Niv.
Tachometer	7.28	4.21	$p < .004$
Display	27.07	25.35	n.s.
Straße	37.81	32.65	$p < .07$

Betrachtet man die Blickhäufigkeit bei der Baseline kann jedoch gesehen werden, daß sich die Blickanzahl auf das Tachometer bei den jüngeren und älteren Fahrern nicht mehr unterscheidet (‘Jung’: MW = 19.17 vs. ‘Alt’: MW = 18.96). Die Blicke auf die Straße bleiben hingegen weiterhin auf einem höheren Niveau bei den jüngeren Fahrern, mit einer durchschnittlichen Blickanzahl von MW = 30.48 gegenüber MW = 21.00 bei den älteren Fahrern ( $p < .017$ ).

#### 4.3.3.3 Gesamtblickdauer

Als Gesamtblickdauer wird nachfolgend das Produkt aus der Dauer der Blicke und der Anzahl der Blicke bezeichnet.

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Erwartungsgemäß bildet der Blickort einen Haupteffekt [ $F(2,23) = 1828.6$ ,  $p < .001$ ], mit der geringsten Gesamtblickdauer auf das Tachometer mit MW = 8.7 sec. Die nächsthöhere Gesamtblickdauer weist das Display mit einer durchschnittlichen Betrachtungszeit von MW = 18.1 sec. auf, gefolgt von der Straße mit der längsten Gesamtdauer von MW = 67.9 sec.. Alle Unterschiede sind jeweils signifikant ( $p < .001$ ).

Wie in Abbildung 76 und in Tabelle 52 zu sehen ist, verursacht das Tachometer in der Baseline eine höhere Gesamtblickzeit als in den zwei übrigen Situationen ( $p < .01$ ). Es gibt keine Unterschiede zwischen der komplexen und der einfachen Situation in der Displaybenutzung einerseits und den Blicken auf die Straße andererseits. Der Blickort Straße verursacht bei der Baseline die höchste Gesamtblickdauer ( $p < .001$ ).

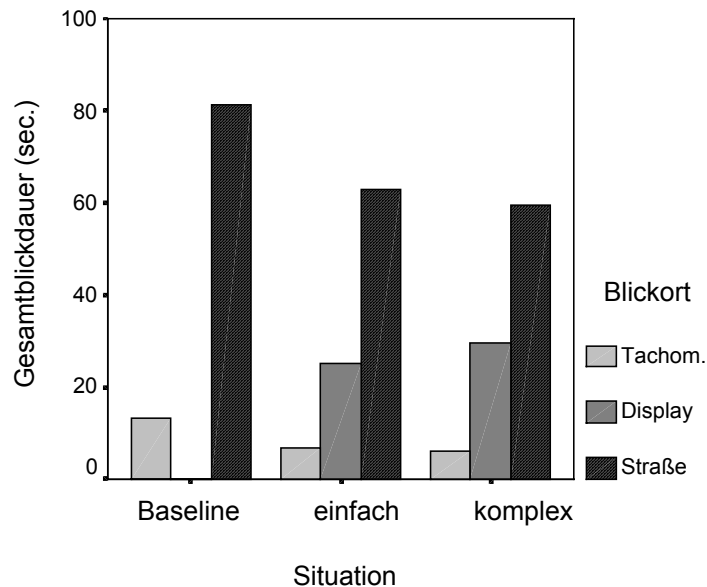


Abbildung 76: Durchschnittliche Gesamtblickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Blickort

Tabelle 52: Durchschnittliche (MW) Gesamtblickdauer und Standardabweichung (SD) bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Blickort

Blickort	Baseline		Einfache Situationen		Komplexe Situationen	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>Tachometer</b>	13.15 sec.	1.64 sec.	6.72 sec.	0.48 sec.	6.10 sec.	0.54 sec.
<b>Display</b>	0.00 sec.	0.00 sec.	25.00 sec.	2.95 sec.	29.42 sec.	2.18 sec.
<b>Straße</b>	81.36 sec.	2.23 sec.	62.78 sec.	2.89 sec.	59.67 sec.	1.99 sec.

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Es ist eine signifikant längere Gesamtblickdauer bei den Landstraßen- gegenüber den Autobahn-Abschnitten [ $MW = 32.9$  sec. vs.  $MW = 31.5$  sec. respektive,  $F(1,24) = 96.6$ ,  $p < .001$ ] festzustellen. Wiederum beinhaltet der Haupteffekt Blickort [ $F(2,21) = 1317.1$ ,  $p < .001$ ] die Tatsache, daß die Straße die meiste Gesamtblickdauer einnimmt, gefolgt vom Display und zuletzt dem Tachometer (alle Vergleiche  $p < .001$ ). Die Wechselwirkung zwischen Situation und Blickort [ $F(8,15) = 65.4$ ,  $p < .001$ ] ist nachfolgend zu erkennen:

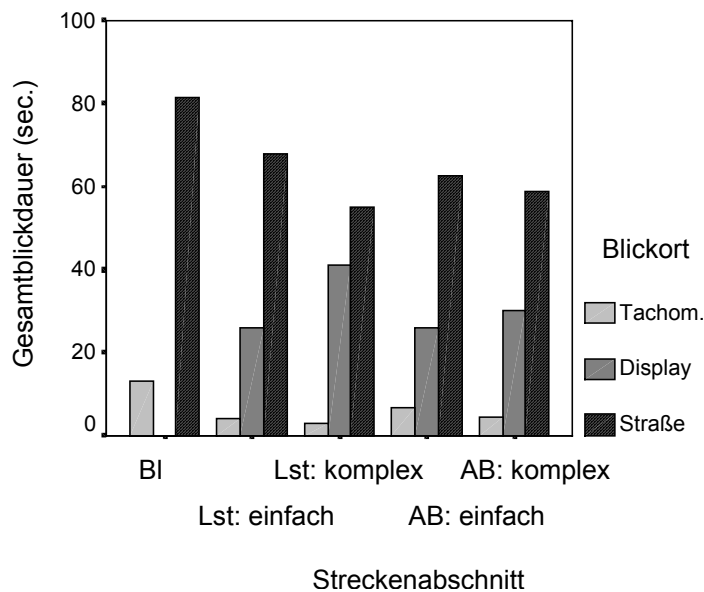


Abbildung 77: Durchschnittliche Gesamtblickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort

Das Tachometer hat in der Baseline die höchste und in den einfachen Autobahn-Abschnitten die zweithöchste Gesamtblickdauer ( $p < .01$ ).

Betrachtet man den Blickort Display, so liegt die höchste Gesamtblickdauer bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten ( $p < .001$ ). Die restlichen Situationen unterscheiden sich nicht in deren Gesamtblickdauern voneinander. Bei den Blicken auf die Straße ist die Gesamtblickdauer bei der Baseline am längsten, gefolgt von der nächst kürzeren bei der einfachen Landstraße (jeweils  $p < .01$ ). Die restlichen Streckenabschnitte unterscheiden sich hingegen nicht in der Betrachtungsdauer der Straße. Die einzelnen Zeiten sind Tabelle 53 zu entnehmen.

Tabelle 53: Durchschnittliche (MW) Gesamtblickdauer und Standardabweichung (SD) bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit von Blickort

Blickort	Baseline		einfache Landstraße		komplexe Landstraße		einfache Autobahn		komplexe Autobahn	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Tachom.	13.15 sec.	1.64 sec.	4.18 sec.	0.44 sec.	3.16 sec.	0.49 sec.	6.93 sec.	0.51 sec.	4.64 sec.	0.62 sec.
Display	-	-	26.08 sec.	1.51 sec.	41.01 sec.	2.39 sec.	25.97 sec.	1.53 sec.	30.13 sec.	2.08 sec.
Straße	81.36 sec.	2.23 sec.	67.93 sec.	1.42 sec.	54.91 sec.	2.20 sec.	62.54 sec.	1.43 sec.	58.86 sec.	1.66 sec.

Die Interaktion zwischen Streckenart x Streckenkomplexität [ $F(1,24) = 8.9$ ,  $p < .006$ ] zeigt bei der Landstraße, daß die Gesamtblickdauer bei den einfachen Streckenabschnitten kürzer ist als bei den komplexen (MW = 32.72 sec. vs. MW = 33.02 sec., respektive,  $p < .001$ ).



Bei der Autobahn hingegen zeigt sich das umgekehrte Bild, wenn auch nur knapp signifikant. Beim komplexen Abschnitt ist die Gesamtblickdauer kürzer als bei dem einfachen (MW = 31.24 sec. vs. MW = 31.74 sec., respektive,  $p < .1$ ).

Betrachtet man die Gesamtblickdauer auf das Display bei der einfachen Autobahn, so zeigt sich, daß bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe [ $F(1,26) = 11.1$ ,  $p < .003$ ] die Gesamtzeit länger ist als bei der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe (niedrig-komplex: MW = 21.0 sec. vs. hoch-komplex: MW = 32.4). Die Zeit, die offensichtlich dem Display mit der hohen Sekundäraufgabenkomplexität zugute kommt, wird der Gesamtblickzeit in Richtung Straße entzogen. So ergibt sich bei der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe eine Gesamtblickzeit auf die Straße von MW = 66.5 sec. gegenüber der hoch-komplexen mit nur MW = 57.1, was ebenfalls signifikant ist [ $F(1,26) = 9.7$ ,  $p < .005$ , siehe Abbildung 78].

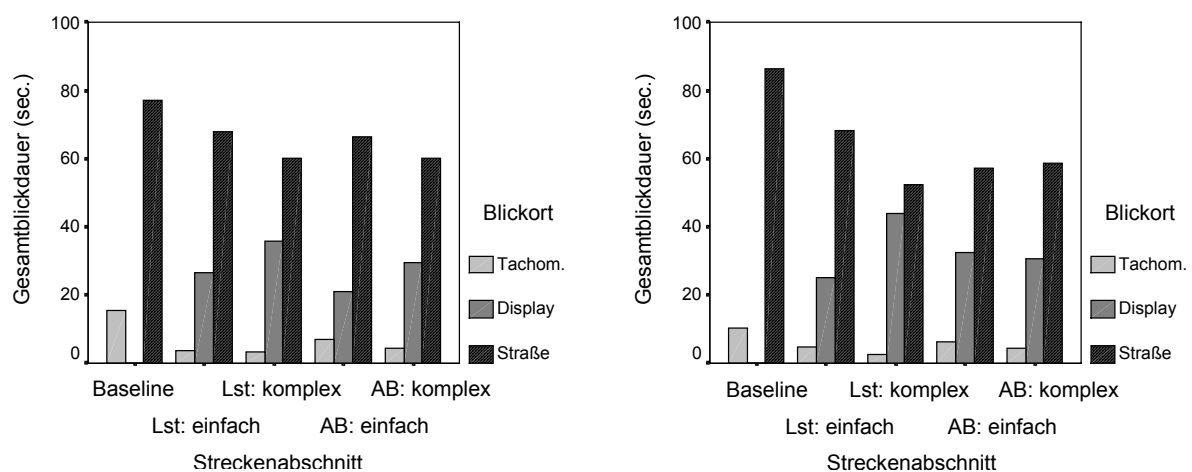


Abbildung 78: Durchschnittliche Gesamtblickdauer bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort; **niedrige** (links) bzw. **hohe** Sekundäraufgabenkomplexität (rechts)

#### 4.3.3.4 Anzahl der Blickdauern über 1.5 sec.

Wie in der Literatur üblich wird nachfolgend die Anzahl der Blickdauern über 1.5 sec. als kritischer Grenzwert eingesetzt.

##### Analyseeinheit 1: Einfache vs. komplexe Situationen

Wie in Abbildung 79 zu erkennen ist, kommen Blicke, die über 1.5 sec. dauern, fast nur bezüglich des Blickorts Display und der Straße vor [ $F(4,19) = 258.8$ ,  $p < .001$ ]. Der Paarvergleich zeigt, daß die häufigsten Blicke, die über 1.5 sec. andauern, mit MW = 3.35 auf die Straße und die zweithäufigsten Blicke mit MW = 2.19 auf das Display gerichtet sind. Die Blickhäufigkeit auf Display und Straße unterscheidet sich signifikant von der auf das Tachometer (MW = 0.02), auf das die geringste Anzahl von Blicken mit Dauern über 1.5 sec. fällt.

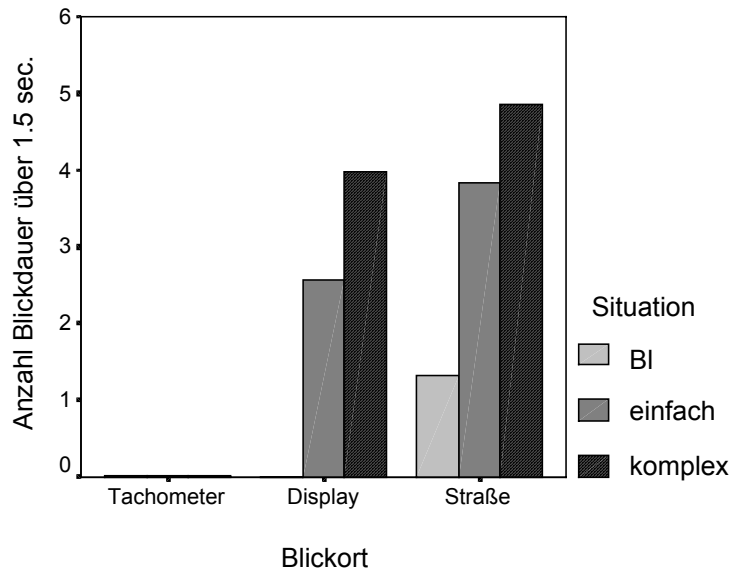


Abbildung 79: Durchschnittliche Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Blickort

Werden die Situationen analysiert, in denen die Blicke mit Dauern über 1.5 sec. entstehen, so kann festgestellt werden, daß diese in allen Situationskomplexitäten [ $F(2,21) = 225.9$ ,  $p < .001$ ] vorkommen. Die Baseline beinhaltet mit  $MW = 0.27$  Blicken mit Dauern über 1.5 sec. die geringste Anzahl, gefolgt von den Blicken in den einfachen und schließlich die in den komplexen Situationen ( $MW = 1.3$  vs.  $MW = 1.8$ , respektive, jeweils  $p < .001$ ). Weiterhin zeigt sich bei Betrachtung der verschiedenen Blickorte, daß die Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auf das Display mehr bei den komplexen als bei den einfachen Situationen auftreten. Dabei entstehen durchschnittlich  $MW = 2.56$  Blicke mit über 1.5 sec. Dauer bei den einfachen und  $MW = 4.0$  Blicke bei den komplexen Situationen ( $p < .001$ ). Auch bei der Straße unterscheiden sich die Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. bei den verschiedenen Situationskomplexitäten. Die geringste Anzahl tritt bei der Baseline auf, mit  $MW = 1.3$ , gefolgt von den einfachen Abschnitten mit  $MW = 3.8$  und schließlich der höchsten Anzahl bei den komplexen Abschnitten. Alle unterscheiden sich dabei auf  $p < .001$ . Bei den komplexen Abschnitten ist kein Unterschied zwischen der Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auf das Display und auf die Straße feststellbar.

Bei älteren ( $MW = 1.2$ ) treten die längeren Blicke häufiger auf als bei den jüngeren Fahrern [ $MW = 1.0$ ;  $F(1,22) = 5.5$ ,  $p < .02$ ], was durch die komplexen Situationen bedingt wird [ $F(2,21) = 3.4$ ,  $p < .05$ , siehe Abbildung 80 und Tabelle 54].

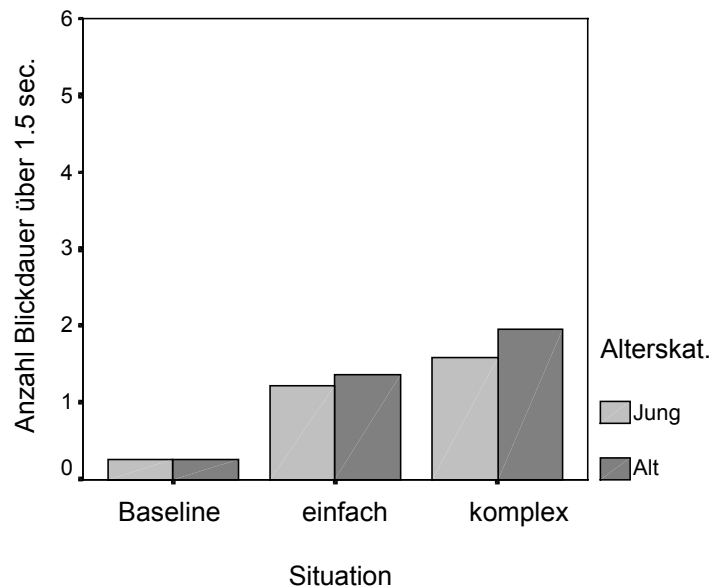


Abbildung 80: Durchschnittliche Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Tabelle 54: Durchschnittliche (MW) Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec., Standardabweichung (SD) und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Baseline, einfachen und komplexen Situationen in Abhängigkeit vom Alter

Situationskomplexität	'Jung'		'Alt'		Sign. Niv.
	MW	SD	MW	SD	
Baseline	0.27	0.03	0.28	0.04	n.s.
einfach	1.22	0.07	1.36	0.07	n.s.
komplex	1.60	0.09	1.96	0.10	$p < .012$

### Analyseeinheit 2: Verschieden komplexe Streckenabschnitte

Der Haupteffekt Streckenabschnitt [ $F(4,19) = 105.7$ ,  $p < .001$ ] zeigt, daß die komplexe Landstraße bei der Betrachtung der Anzahl der Blickdauern über 1.5 sec. die höchste Anzahl aufweist (MW = 2.1 Blicke). Die zweithöchste Anzahl tritt bei der einfachen Autobahn (MW = 1.4) auf, gefolgt von der einfachen Landstraße und der komplexen Autobahn, welche sich nicht voneinander unterscheiden (MW = 1.0 vs. MW = 0.96, respektive). Die geringste Anzahl der Blickdauern über 1.5 sec., sind bei der Baseline aufzufinden (MW = 0.3).

Wie in Abbildung 81 zu sehen ist, kommen wie in Analyseeinheit 1 fast ausschließlich Blicke auf das Display und auf die Straße vor [ $F(4,19) = 261.0$ ,  $p < .001$ ]. Dabei ist die Anzahl der Blicke auf die Straße höher als auf das Display (MW = 3.4 vs. MW = 2.3, respektive,  $p < .001$ ).

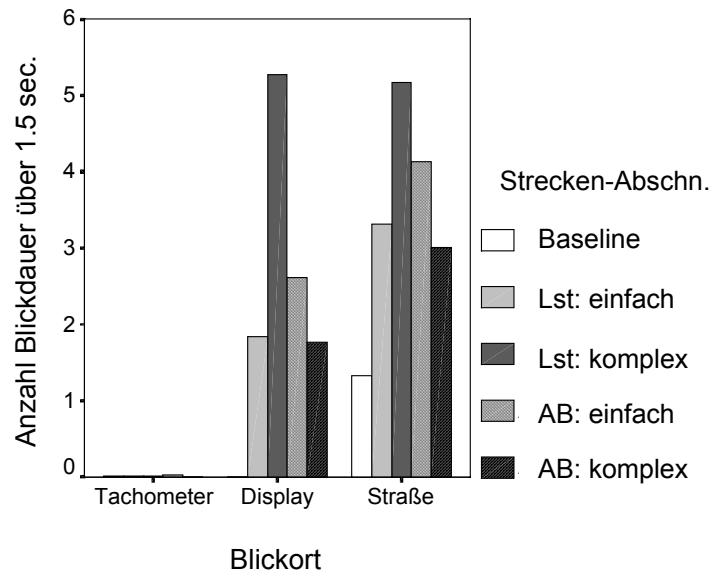


Abbildung 81: Durchschnittliche Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit vom Blickort

Die Interaktion Streckenabschnitt x Blickort [ $F(9,14) = 31.3$ ,  $p < .001$ ] weist darauf hin, daß beim Display die meisten Blicke mit Dauern über 1.5 sec. bei der komplexen Landstraße auftreten ( $p < .001$ ). Gefolgt werden diese von den restlichen Situationen, die sich nicht voneinander unterscheiden ( $p < .001$ ), mit Ausnahme der Baseline, die natürlicherweise die geringste Anzahl aufweist.

Bei der Variablen Straße zeigt sich dasselbe Bild mit den meisten Blicken bei der komplexen Landstraße, die sich nur marginal von der einfachen Autobahn unterscheiden ( $p < .07$ ). Die Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. der restlichen Situationen liegen höher als bei der Baseline, unterscheiden sich jedoch nicht untereinander. Zudem gibt es bei der komplexen Landstraße keinen Unterschied zwischen der Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auf das Display und auf die Straße (siehe auch Tabelle 55).

Tabelle 55: Durchschnittliche Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) bei Baseline, einfachen und komplexen Landstraßen- bzw. Autobahn-Abschnitten in Abhängigkeit von Blickort

Streckenabschnitt	Display	Straße	Sign. Niv.
Baseline	0.00	1.33	$p < .001$
Lst: einfach	1.84	3.32	$p < .003$
Lst: komplex	5.28	5.17	n.s.
AB: einfach	2.61	4.14	$p < .06$
AB: komplex	1.76	3.01	$p < .008$

Die höheren Blickhäufigkeiten bei den älteren als bei den jüngeren Fahrern [ $F(1,22) = 7.8$ ,  $p < .01$ ], basieren auf dem Blickort Tachometer und Display, die bei den älteren jeweils mehr Blicke mit Dauern über 1.5 sec. verursachen als bei den jüngeren. Die genaue Zusammenstellung ist in Tabelle 56 aufgeführt.

Tabelle 56: Durchschnittliche Anzahl und Signifikanz-Niveaus (Sign. Niv.) der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. in Abhängigkeit von Alter und Blickort

Blickort	'Jung'	'Alt'	Sign. Niv.
Tachometer	0.004	0.03	$p < .016$
Display	1.8	2.8	$p < .03$

Die Interaktion zwischen Blickort x Sekundäraufgabe x Alter zeigt hinsichtlich des Tachometers, daß die jüngeren Fahrer bei der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe nicht auf das Tachometer schauen, während die älteren in dieser Bedingung öfters auf das Tachometer blicken [ $F(4,19) = 3.2$ ,  $p < .04$ , siehe Abbildung 82].

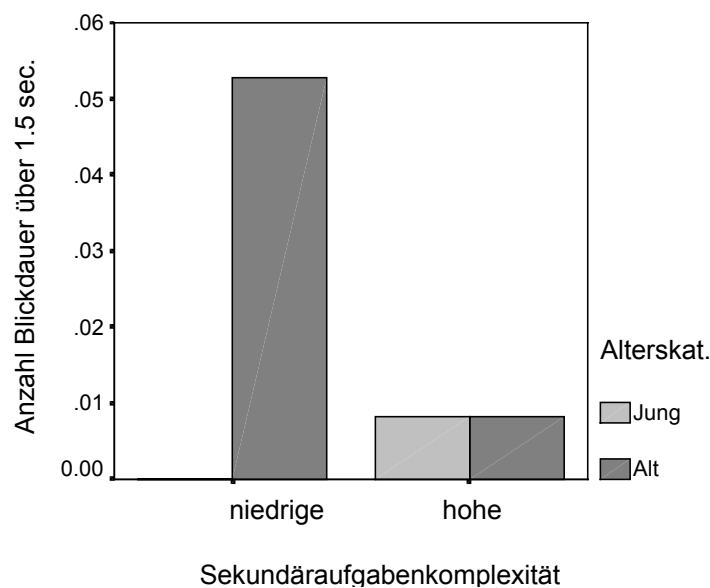


Abbildung 82: Durchschnittliche Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. **auf das Tachometer** in Abhängigkeit von Alter und Sekundäraufgabenkomplexität

#### 4.3.4 Diskussion Blickverhalten

Bei der Betrachtung der drei Blickorte Tachometer, Display und Straße kann man allgemein aussagen, daß man erwartungsgemäß beim Tachometer weniger und kürzere Blicke, dafür auf die Straße die häufigsten und längsten Blicke vorfindet. Die mittlere Betrachtungszeit von

MW = 1.2 sec. des Displays liegt dabei bereits in dem von Zwahlen et al. (1988) angegebenen kritischen Grenzbereich der Blickdauer.

Was die Blickdaten bezüglich Komplexität der Situation bzw. Strecke unabhängig von den Blickorten anbelangt, so zeigen sich primär Unterschiede im Vergleich der Situationen in Verbindung mit und ohne Sekundäraufgabe. Die Blickdauer innerhalb der Baseline ist dabei, über alle Blickorte hinweg betrachtet, länger als bei den einfachen bzw. komplexen Abschnitten. Wenn keine Sekundäraufgabe vorhanden ist „wandert“ der Blick zudem mehr, was sich auch in der Blickhäufigkeit zum Teil widerspiegelt.

Was zeigt sich im Zusammenhang mit den verschiedenen Blickorten?

Werden die Blicke auf den Blickort Straße betrachtet, so zeigt sich bei beiden Analyseeinheiten, daß die durchschnittliche Blickdauer mit der Komplexität der Situation bzw. Strecke abnimmt. Die längsten Blicke auf die Straße sind natürlicherweise bei der Baseline (mit MW = 3.68 sec.) zu finden. Wenn man von der zweitniedrigsten Blickdauer auf die Straße bei der einfachen Landstraße absieht, wird das Verkehrsgeschehen durchschnittlich 2 sec. kürzer als bei der Baseline, d.h. nur rund 1.5 sec. lang, betrachtet. Wird die Blickdauer auf das Display untersucht, so wird offensichtlich, daß die Blickdauer zu Lasten der Straße in Richtung Sekundäraufgabenbearbeitung „wandert“. D.h. während bei den komplexen Abschnitten die Blickzeit einerseits in Richtung des Verkehrsgeschehens reduziert wird, nimmt sie andererseits in Richtung des Displays zu. Dabei tritt bei den einfachen Abschnitten eine durchschnittliche Blickdauer auf das Display von MW = 1.1 sec. und bei den komplexen eine von MW = 1.3 sec. auf.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von Rockwell (1988), in denen die Blicke um 20 % kürzer ausfallen wenn die Verkehrsdichte höher wird. Auch wenn die Verkehrssituationen im vorliegenden Fall sich von denen bei Rockwell unterscheiden, so ist jedoch trotzdem festzuhalten, daß hier nicht kürzer sondern länger in das Fahrzeuginnere bei komplexen Situationen geschaut wird. Somit kann dies nicht als gelungenes Kompensationsverhalten beschrieben werden, sondern eher als verkehrskritisches.

Werden die Streckenabschnitte genauer betrachtet stellt man fest, daß die längsten Blicke auf das Display bei der komplexen Landstraße gemacht werden mit einer durchschnittlichen Blickdauer von 1.5 sec.. Es ist demnach nicht verwunderlich, daß in dieser Konstellation auch die meisten Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auftreten. Mit durchschnittlich MW = 5.3 Blicken mit Blickdauern über 1.5 sec. liegt das Blickverhalten auf das Display in dem komplexen Landstraßen-Abschnitt weit über dem von Zwahlen et al. (1988) angegebenen akzeptablen Bereich von maximal drei Blicken mit maximal MW = 1.2 sec. Dauer. Die durchschnittliche generelle Blickhäufigkeit auf das Display bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten ist dabei nicht auffällig. Somit kennzeichnet sich die komplexe Landstraße mit der höchsten Blickdauer und der höchsten Anzahl an kritischen Blicken auf das Display, jedoch nicht durch die Häufigkeit der Blicke.

Innerhalb der restlichen Streckenabschnitte (einfache Landstraße, einfache Autobahn und komplexe Autobahn) liegt die Blickanzahl auf das Display zwar unterhalb dieser kritischen 3 Blicke, jedoch über der kritischen Zeit von 1.5 sec. und ist daher eher als verkehrsgefährdend einzustufen. Die geringste Blickhäufigkeit (1.8) der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. tritt beim Blickort Display bei der komplexen Autobahn auf.

Auch die Sekundäraufgabenkomplexität hat einen Einfluß auf die Blickdauer, wenn auch nicht in allen Abschnitten. Sowohl bei der einfachen Autobahn als auch bei der komplexen Landstraße schauen die Versuchspersonen länger bei der Bearbeitung der hoch-komplexen als der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe auf das Display. Bei der einfachen Autobahn nimmt dafür die Blickdauer auf die Straße entsprechend ab. Weiterhin ist im einfachen Autobahn-Abschnitt zu erkennen, daß die Anzahl der Blicke auf das Display bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe tendenziell steigt. Mit durchschnittlichen  $MW = 2.61$  Blicken mit Dauern über 1.5 sec. bei der einfachen Autobahn kann das Blickverhalten durchaus als kritisch bezeichnet werden.

Betrachtet man die Performanz bei der Bearbeitung der Sekundäraufgaben innerhalb der Streckenabschnitte, so wird man feststellen können, daß bei der einfachen Autobahn die meisten und bei der komplexen Landstraße die wenigsten Aufgaben gelöst werden. Mit  $MW = 4.3$  Aufgaben pro Minute, werden im letztgenannten Fall rund 20 % weniger Aufgaben gelöst als bei den einfachen Autobahn-Abschnitten. Somit zeigen die Ergebnisse der Analyse der komplexen Landstraße deutlich, daß anhand der Blickdauern keine Schlüsse auf die Leistung gezogen werden kann. Anders ausgedrückt heißt dies, nur dadurch daß längere Blicke in diesen Situationen getätigt werden, kann die Leistung zur Lösung der Sekundäraufgabe nicht verbessert werden. Dies hängt wahrscheinlich mit den konkurrierenden Reizen aus der Umwelt zusammen.

Weiterhin wird bei der einfachen Autobahn die Beanspruchung am geringsten eingestuft. Dagegen erreicht die komplexe Landstraße fast den höchsten Wert (höchster Wert beim komplexen Autobahn-Abschnitt).

Es ist darüber hinaus zu beobachten, daß bei den komplexen Streckenabschnitten (sowohl bei der Landstraße als auch der Autobahn) die Blickdauern zwischen Straße und Display aufgeteilt werden, d.h. sie werden gleich lang betrachtet. Im Gegensatz dazu wird während der einfachen Abschnitte mehr Zeit – gemessen an der Blickdauer – für die Straße aufgewendet. Bei beiden Streckenabschnitten wird die ansteigende Display-Blickdauer auf das Niveau des Blickorts Straße durch eine geringere Blickanzahl kompensiert. Bei der komplexen Landstraße ergeben sich 23 % mehr Blicke auf die Straße als auf das Display, bei der komplexen Autobahn sogar 70 % mehr Blicke. Dementsprechend ist auch die Gesamtblickdauer auf die Straße in beiden Situationen länger als beim Blickort Display.

Die Geschwindigkeitsprüfung der Fahrer durch einen Blick auf das Tachometer ist bei der Analyseseinheit 2 bei den komplexen Abschnitten am kürzesten und tritt mit der geringsten

Häufigkeit auf. Dagegen wird sie bei den einfachen Abschnitten bzw. der Baseline am längsten und häufigsten durchgeführt. Neben der Baseline ist die Gesamtblickzeit bei der einfachen Autobahn am höchsten. Zusätzlich zeigt sich bei den einfachen Streckenabschnitten, daß während der Bearbeitung der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe die Ablesehäufigkeit höher ist als bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe.

Bei der Autobahn werden mehr Blickwechsel vorgenommen als bei der Landstraße. Somit zeigt sich hier gegenüber der Blickdauer das umgekehrte Bild, da bei der Landstraße höhere Blickzeiten entstehen.

Die Komplexität der Situationen bzw. Streckenabschnitte beeinflußt die Blickhäufigkeiten nicht so nachdrücklich wie die Blickdauer. Trotzdem kann auch bei der Analyseeinheit 2 verglichen mit den einfachen Abschnitten eine tendenziell höhere Blickaktivität auf das Display bei den komplexen Abschnitten festgestellt werden. Somit wird bei den komplexen Abschnitten nicht nur länger, sondern auch tendenziell häufiger auf das Display geschaut. Auch das Blickverhalten auf das Tachometer wird von der Streckenkomplexität beeinträchtigt. So entstehen hier die meisten Blicke bei der Baseline und die geringste Anzahl bei den komplexen Abschnitten. Die Blicke auf die Straße sind – wie schon erwähnt – seltener aber länger als bei der Baseline.

Zusammenfassend kann daher für die Blickhäufigkeit festgestellt werden, daß tendenziell sowohl ein Einfluß der Strecken- als auch der Sekundäraufgaben-Komplexität auf die Display-Blicke besteht. Dabei entstehen mehr Blicke bei den komplexen Abschnitten bzw. hohen Sekundäraufgabenkomplexitäten.

Wie ist der Unterschied in der Blickdauer oder Häufigkeit bei den zwei Sekundäraufgaben zu erklären, der nur bei den komplexen Landstraßen- und einfachen Autobahn-Abschnitten auftritt?

Folgt man der Argumentation von Rockwell (1988), so unterscheiden sich die Längen der Blicke bei unterschiedlicher Qualität der Aufgabe, d.h. unterschiedlicher Tiefe der Verarbeitung. Demnach ist die hoch-komplexe Sekundäraufgabe durch die Gestaltung, d.h. durch niedrige Target-Distraktor-Diskriminabilität und des invaliden Cues signifikant schwieriger als die niedrig-komplexe (was sich auch in der Anzahl der gelösten Aufgaben widerspiegelt). Das muß sich, der Argumentation von Rockwell (1988) folgend, nicht generell in der Dauer oder Häufigkeit der Blicke zeigen. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Aussagen von Wilson et al. (1991), die die Blickdauer (Fixation) in Bezug setzen zu der Schwierigkeit eine Information zu beziehen (zitiert nach De Waard, 1996).

Eine Erklärung, warum nur in diesen zwei Situationen ein Unterschied aufzufinden ist, könnte mit der Interaktion zwischen Schwierigkeit der Strecke einerseits und Sekundäraufgabe andererseits und der daraus resultierenden erlebten Beanspruchung zusammenhängen. So stellen die zwei Situationen die Extreme in der erlebten Beanspruchung dar. Während bei der einfachen Autobahn die niedrigste Beanspruchung erlebt wird, ist festzustellen, daß die Blickdauer



auf die Anforderungen der Sekundäraufgabe angepaßt wird. Evtl. haben sich die Fahrer aufgrund einer einfach erlebten Situation mit der Sekundäraufgabe beschäftigt, mit dem Resultat, daß so auch viele Aufgaben bearbeitet werden können. Im Gegensatz dazu ist die Sekundäraufgabenleistung bei der komplexen Landstraße die schlechteste im Vergleich zu den anderen Situationen. Die Versuchspersonen erleben den Konflikt zwischen der Anforderung einerseits durch den Verkehr und andererseits durch die Sekundäraufgabe. Dies läßt sich in der Beanspruchung wieder finden. Da die Leistung in der Sekundäraufgabe bei der komplexen Landstraße so gering ist, wird durch längere und häufigere Blicke im kritischen Bereich versucht, ein höheres Leistungsniveau zu erreichen – was jedoch nicht erfolgreich ist. Im übrigen zeigt sich bei der komplexen Autobahn ein vergleichsweise ähnliches Bild wie bei der komplexen Landstraße bezüglich der erlebten Beanspruchung und der Sekundäraufgabenleistung. Hier ist jedoch kein Unterschied bei den verschiedenen Komplexitäten der Zusatzaufgabe feststellbar. Auch wenn die Blickdauer auf das Display mit durchschnittlichen MW = 1.18 sec. auf dem Niveau der anderen Streckenabschnitte liegt, tritt hier die geringste Häufigkeit von Blicken mit Dauern über 1.5 sec. auf. Damit bewirkt die Komplexität der Autobahn-Strecke, die nicht zuletzt durch manuelle Anforderungen (z.B. Ausweichmanöver) beeinflusst wird, hier ein angepaßtes Blickverhalten in diesem Streckenabschnitt.

Ein Alterseffekt läßt sich bei der durchschnittlichen Blickdauer auf die Straße und auf das Tachometer erkennen, bei dem die jüngeren Fahrer kürzere Blickzeiten aufweisen als die älteren Fahrer. Dies ist unabhängig von der parallelen Darbietung einer Zusatzaufgabe. D.h. auch wenn keine Zusatzaufgabe vorhanden ist, blicken die jüngeren Fahrer kürzer auf das Tachometer, was mit den bereits beschriebenen physiologischen Veränderungen erklärt werden kann (z.B. verlängerte Akkomodationszeit bei den älteren Fahrern).

Beim Befahren von Landstraßen-Abschnitten zeigen die älteren Fahrer während der Bearbeitung der Sekundäraufgabe zudem eine geringere Blickaktivität. Vor allem gilt dies für auf das Tachometer und die Straße, so daß der Unterschied in der Gesamtblickdauer auf das Tachometer und die Straße, dem Produkt aus Blickdauer und Blickhäufigkeit, nivelliert wird. Offensichtlich wird die Blickdauer auf das Tachometer hier mit einer geringeren Blickhäufigkeit kompensiert. Wird lediglich gefahren, so zeigt sich kein Unterschied in der Betrachtungshäufigkeit des Tachometers bei den jüngeren und älteren Fahrern. Der Informationsbedarf kann daher als gleich angesehen werden, jedoch mit einer höheren Blickzeit bei älteren Fahrern. Somit schauen Ältere bei einer Doppelaufgabe zwar länger aber gegebenenfalls seltener auf das Tachometer.

Ein anderes Bild zeigt sich bei der Blickdauer und -häufigkeit auf das Display. Hier tritt kein Unterschied zwischen den jüngeren und älteren Fahrern auf.

Ein gleiches Blickverhalten auf das Sekundäraufgabendisplay bei älteren wie bei jüngeren Fahrern überrascht auf den ersten Blick. Wie bereits oben erwähnt ist davon auszugehen, daß die Leistungsfähigkeit hinsichtlich z.B. perzeptiv/visueller aber auch kognitiver Prozesse

bei den älteren Fahrern bereits eingeschränkt ist. Daher könnten möglicherweise die Fahrer versuchen mit z.B. längeren Blicken diese Defizite – wie es auch beim Tachometer feststellbar ist – zu kompensieren. Wie sich jedoch zeigt, bleibt die durchschnittliche Blickdauer auf das Display gleich. Als Resultat ergibt sich bei den älteren Fahrern mit lediglich  $MW = 3.9$  Aufgaben eine schlechtere Performanz bei der Bearbeitung der Sekundäraufgabe als bei den jüngeren mit  $MW = 5.2$  Aufgaben.

Das gleiche Blickverhalten bei älteren und jüngeren Fahrern bedingt aber nicht das gleiche Fahrverhalten. Beispielsweise zeigt sich bei den verkehrskritischen Maßen, z.B. den Beinaheunfällen, daß mehr ältere als jüngere Fahrer in diese Situationen involviert sind. Beide Gruppen wurden gleichermaßen instruiert, daß die höchste Priorität bei der Verkehrssicherheit liegt. Dieser Zusammenhang ist erklärbar, wenn neben der durchschnittlichen Blickdauer und -häufigkeit die Anzahl der Blicke mit Dauern von über 1.5 sec. einbezogen werden. Dabei zeigt sich, daß die älteren Fahrer durchschnittlich  $MW = 2.8$  Blicke mit über 1.5 sec. Dauer auf das Display lenken, was im Grenzbereich des kritischen Verhaltens liegt (Zwahlen, 1988). Bei den jüngeren Fahrern kann durchschnittlich ein Blick weniger im kritischen Bereich ( $MW = 1.8$ ) nachgewiesen werden.

Da auch auf das Tachometer längere und häufigere Blicke mit Dauern über 1.5 sec. von den Älteren geworfen werden, gibt dies bereits Hinweise auf ein großes Gefahrenpotential dieser Personengruppe bei Blicken ins Fahrzeuginnere. Dies wird nicht primär durch die Dauer der Benützung sondern, durch die Anzahl der überlangen, kritischen Blicke bedingt.

Zusammenfassend kann damit festgestellt werden, daß die Frage, ob die Blickdauer oder die Blickhäufigkeit für Ablenkungsstudien relevanter ist, nicht eindeutig beantwortet werden kann, da sich bei beiden Maßen z.B. Veränderungen bezüglich der Komplexität der Sekundäraufgabe zeigen. Vielmehr kann aufgrund der hier vorliegenden Untersuchung die Empfehlung gegeben werden, daß grundsätzlich beide Maße erhoben und betrachtet werden sollten. Die Gesamtblickdauer erweist sich hingegen als ein zu generelles Maß, welches die Effekte teilweise nivellieren kann. Die Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit nicht nur durchschnittliche Maße bei der Blickbewertung zu verwenden, sondern im Sinne des „testing the limits“ auch kritische Werte und verschiedene Schwierigkeitsgrade der Fahr- und Sekundäraufgabe zu betrachten, um ein vollständiges Gesamtbild über das Verhalten zu bekommen. Blicke mit über 1.5 sec. Dauer sind demnach wichtig, da sie einen zusätzlichen Erklärungsgehalt besitzen (siehe Vergleich der Leistung der Jüngeren und Älteren und Vergleich bzgl. der Streckenkomplexität) und einen Bezug zur Verkehrskritikalität haben.

Letztlich kann ebenfalls gesagt werden, daß verschiedene Altersgruppen zusätzlich verschiedene kritische Verhaltensweisen aufweisen können.

## 5 Gesamtdiskussion und Ausblick

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erfassung der Effekte und der dazugehörigen Randparameter von induzierter Ablenkung, verursacht durch eine visuelle Zusatzaufgabe.

Hierzu wird die Zusatzaufgabe, die in zwei Schwierigkeitsstufen (niedrig- und hoch-komplex) dargeboten während subjektive, objektive, physiologische Maße und Verhaltensdaten betrachtet werden.

Von Interesse ist dabei nicht nur ob die Sekundäraufgabe an sich einen Effekt auf die erhobenen Daten hat, sondern auch ob die Variation der Beanspruchung durch die Sekundäraufgabe sichtbar wird. D.h. gibt es unterschiedliche Ausprägungen der Ablenkung oder ist es eher mit dem "Alles oder nichts"-Prinzip zu vergleichen?

Weiterhin werden in der Arbeit die erhobenen Daten in unterschiedlicher Weise zusammengefaßt und analysiert. So wird die Verkehrstaxonomie von Gstalter et al. (1998) als Grundlage zur Gruppierung von einfachen und komplexen Situationen verwendet. Die zweite Kategorisierungsart unterscheidet zusätzlich nach Straßentyp, d.h. Landstraße oder Autobahn, und resultiert in den Gruppen: einfache und komplexe Landstraßen-Abschnitte (Lst) sowie einfache und komplexe Autobahn-Abschnitte (AB). Schließlich werden die vorhandenen Situationen in verschiedene Phasen unterteilt, um innerhalb dieser exemplarisch die Veränderung der Spurhalteleistung zu erfassen.

Bei der Gestaltung der einzelnen Situations- bzw. Streckenabschnitte ist darauf hinzuweisen, daß sie alle aus vollkommen realistischen Einzelsituationen und -kombinationen zusammengesetzt sind. Daher sind alle Untersuchungsergebnisse auf bestehende Straßen und Verkehrssituationen in Deutschland direkt übertragbar. Eine Verallgemeinbarkeit der bei der vorliegenden Arbeit herausgefundenen Ergebnisse ist somit gewährleistet.

In Tabelle 57 sind die wesentlichen erzielten Ergebnisse dieser Arbeit tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 57: Zusammenfassung der signifikanten Unterschiede für Analyseeinheit 1 (AE 1) und Analyseeinheit 2 (AE 2)

Maß/Größe: Analyseart		Situation/Streckenabschnitt	Sekundär- aufgabe	Alter	Geschlecht	Seite
Beanspruchung						
Subjektive Maße	Foto-Cueing: AE 1	<b>Allgemein:</b> BL < einfach < komplex	-	-	-	89
	Foto-Cueing: AE 2	<b>Allgemein:</b> BL = AB einfach < Lst einfach = Lst komplex ≤ AB komplex	-	-	-	90
	Nein-Antworten: AE 1	<b>Allgemein:</b> BL = einfach < komplex	-	-	-	91
	Nein-Antworten: AE 2	<b>Allgemein:</b> (BL = AB einfach) < Lst einfach = Lst komplex < AB komplex	-	-	-	92
Sekundäraufgabe						
Leistungsmaße	Sekundäraufgabe: richtig gelöste: AE 1	<b>Allgemein:</b> Komplex < einfach	hoch < niedrig <b>hohe Sekundäraufgabenkomplexität:</b> komplex: 'Alt' < einfach: 'Alt' < komplex: 'Jung' < einfach: 'Jung'	<b>Allgemein:</b> 'Alt' < 'Jung'	-	95
	Sekundäraufgabe: richtig gelöste: AE 2	<b>Allgemein:</b> Lst komplex = AB komplex < Lst einfach < AB einfach	hoch < niedrig	<b>Allgemein:</b> 'Alt' < 'Jung' ; <b>'Jung':</b> komplex < leicht	-	96

Verhaltensdaten						
Leistungsmaße	Navigationsfehler	Nicht anwendbar	niedrig<hoch	<b>Alter:</b> einfach<komplex	-	100
	Fehlendes Sichern	n.b. <sup>16</sup>	-	'Jung' ≤ 'Alt'	-	101
	Spurhaltefehler: AE 1	<b>Allgemein:</b> BL < einfach = komplex	-	'Jung' < 'Alt'; <b>BL: einfach,</b> <b>komplex:</b> 'Jung' < 'Alt'	-	103
	Spurhaltefehler: AE 2	<b>Allgemein:</b> BL < einfach = komplex; Lst BL = AB BL < AB komplex < Lst einfach < AB einfach = Lst kom- plex; <b>Lst:</b> BL < einfach < komplex; <b>AB:</b> BL < komplex < einfach	-	'Jung' < 'Alt' <b>BL: einfach,</b> <b>komplex:</b> 'Jung' < 'Alt'	-	104
	Spurhaltefehler: Phasen	Annäherung < Nach	-	<b>Allgemein:</b> 'Jung' < 'Alt' <b>Annäherung:</b> 'Jung' ≤ 'Alt', <b>Nach:</b> 'Jung' < 'Alt'	-	106
	Beinaheunfälle: AE 1	<b>Allgemein:</b> BL < komplex ≤ einfach	<b>Komplexe Situation:</b> niedrig < hoch	<b>Komplex :</b> 'Jung' < 'Alt'	-	109
	Beinaheunfälle: AE 2	<b>Allgemein:</b> AB BL = Lst BL = AB einfach ≤ Lst komplex < Lst einfach = AB komplex; <b>Lst:</b> BL ≤ komplex < einfach; <b>AB:</b> BL = einfach < komplex	<b>Komplexe Streckenab- schnitte:</b> niedrig < hoch	<b>Lst komplex:</b> 'Jung' < 'Alt' , <b>AB komplex:</b> 'Jung' ≤ 'Alt'	-	110

Verhaltensdaten ff.						
Leistungsmaße	Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug: AE 1	<b><u>BL:</u></b> Gering $\leq$ groß; <b><u>Leicht:</u></b> Gering $<$ groß; <b><u>Komplex:</u></b> groß $\leq$ gering; <b><u>gering:</u></b> BL = einfach $<$ komplex; <b><u>groß:</u></b> komplex $<$ BL = einfach	-	-	-	111
	Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug: AE 2	<b><u>Lst einfach:</u></b> Gering $\leq$ groß; <b><u>Lst komplex:</u></b> Groß $<$ gering; <b><u>AB einfach:</u></b> Gering $<$ groß; <b><u>AB BL:</u></b> Gering $<$ groß; <b><u>Gering:</u></b> AB $<$ Lst; <b><u>Gering:</u></b> AB: BL = einfach $<$ komplex	-	-	Lst: Männer $>$ Frauen	113

<sup>16</sup> n.b.: nicht berechnet für diesen Vergleich

Fahrdynamische Größen						
Leistungsmaße	Durchschnittliche Geschwindigkeit: AE 1	<b>Allgemein:</b> komplex < einfach < BL	-	'Alt' < 'Jung' <b>Einfach, komplex:</b> 'Alt' < 'Jung'	Frauen < Männer	118
	Durchschnittliche Geschwindigkeit: Landstraße: AE 2	<b>Allgemein:</b> Komplex < einfach = BL	-	'Alt' < 'Jung' ; <b>komplexe Lst:</b> 'Alt' < 'Jung'	-	119
	Durchschnittliche Geschwindigkeit: Autobahn: AE 2	<b>Allgemein:</b> Komplex < einfach < BL	-	'Alt' < 'Jung' <b>Einfach &amp; komplexe AB:</b> 'Alt' < 'Jung'	Frauen < Männer	121
	Standardabweichung Geschwindigkeit: AE 1	<b>Allgemein:</b> einfach < BL < komplex	-	'Jung' < 'Alt' <b>Einfach, BL:</b> 'Jung' < 'Alt'	Männer ≤ Frauen	122
	Standardabweichung Geschwindigkeit: Landstraße: AE 2	<b>Allgemein:</b> einfach < BL < komplex	<b>einfach Lst:</b> hohe < niedrige Sekundäraufgabenkomplexität	<b>komplexe Lst:</b> 'Alt' ≤ 'Jung'	-	124
	Standardabweichung Geschwindigkeit: Autobahn: AE 2	<b>Allgemein:</b> komplex < einfach < BL	-	'Jung' < 'Alt' ; <b>BL:</b> 'Jung' < 'Alt'	-	126
	Standardabweichung der Gaspedalstellung: AE 1	<b>Allgemein:</b> BL < einfach < komplex	-	'Jung' < 'Alt' ; <b>BL, einfach:</b> 'Jung' < 'Alt'	Männer < Frauen	126
	Standardabweichung der Gaspedalstellung: AE 2	<b>Streckenart:</b> AB < Lst <b>Allgemein:</b> BL < einfach < komplex; AB BL < Lst BL < AB einfach < Lst einfach = Lst komplex = AB komplex <b>AB:</b> BL < einfach < komplex <b>Lst:</b> BL < einfach = komplex	-	'Jung' < 'Alt' <b>BL, einfach:</b> <b>Lst &amp; AB:</b> 'Jung' < 'Alt'	Männer < Frauen	128

Leistungsmaße	TLC: AE 1	<b>Allgemein:</b> einfach < BL < komplex	-	-	-	130
	TLC, Landstraße: AE 2	-	-	-	-	131
	TLC, Autobahn: AE 2	<b>Allgemein:</b> einfach < komplex < BL	-	<b>AB komplex:</b> junge Männer < alte Männer	-	131
	TLC, Dauer kleiner 1.5 sec.: AE 1	<b>Allgemein:</b> komplex < BL < einfach	-	<b>AB:</b> 'Alt' < 'Jung'	-	133
	TLC, Dauer kleiner 1.5 sec.: AE 2	<b>Allgemein:</b> Komplex < BL < einfach <b>Streckenart:</b> Lst < AB <b>Lst:</b> komplex ≤ einfach < BL <b>AB:</b> BL = komplex < einfach <b>BL:</b> Lst ≤ AB; <b>einfach, komplex:</b> Lst < AB		<b>AB:</b> 'Alt' < 'Jung'	<b>AB:</b> Frauen ≤ Män- ner	134
	TTC, Dauer kleiner 1.7 sec.: AE 1	<b>Allgemein:</b> BL < einfach < komplex	-	-	-	136
	TTC, Dauer kleiner 1.7 sec.: AE 2	<b>Streckenart:</b> AB ≤ Lst <b>Allgemein:</b> BL ≤ einfach < komplex; <b>Lst:</b> BL < einfach < komplex <b>AB:</b> (BL = komplex) < einfach	-	-	-	138



Fahrdynamische Größen ff.					
Leistungsmaße	TTC, Anzahl kleiner 1.7 sec.: AE 1	<b><u>Allgemein:</u></b> BL < komplex < einfach	-	<b><u>Komplex:</u></b> 'Alt' < 'Jung'	- 138
	TTC, Anzahl kleiner 1.7 sec.: AE 2	<b><u>Allgemein:</u></b> BL < komplex < einfach; <b><u>Streckenart:</u></b> AB < Lst <b><u>Lst:</u></b> BL < komplex < einfach <b><u>AB:</u></b> BL < einfach = komplex	-	<b><u>Komplex Lst,</u></b> <b><u>komplex AB:</u></b> 'Alt' < 'Jung'	- 138

Herzfunktionen						
Physiologische Maße	Durchschnittliche Herzrate (Median): AE 1	<u>Allgemein:</u> BL < einfach < komplex	-	<u>‘Jung’:</u> Mann < Frau	-	143
	Durchschnittliche Herzrate (Median): AE 2	<u>Allgemein:</u> BL ≤ einfach < komplex; Lst BL ≤ AB BL < Lst einfach = AB einfach = AB komplex < Lst komplex <u>Streckenart:</u> AB ≤ Lst <u>Lst:</u> BL < einfach < komplex <u>AB:</u> BL < einfach = komplex	-	<u>‘Jung’:</u> AB < Lst; <u>‘Jung’:</u> Mann < Frau	-	144
	Relativierte durchschnittliche Herzrate (Median): AE 1	BL < einfach < komplex	<u>Niedrige Sekundäraufgabenkomplexität bei einfach, komplex:</u> ‘Alt’ < ‘Jung’	<u>‘Alt’ &lt; ‘Jung’ ; einfach, komplex:</u> ‘Alt’ < ‘Jung’	-	145
	Relativierte durchschnittliche Herzrate (Median): AE 2	<u>Allgemein:</u> BL < einfach < komplex; <u>Streckenart:</u> AB < Lst; <u>Lst:</u> BL < einfach < komplex; <u>AB:</u> BL < einfach = komplex; <u>Komplex:</u> AB < Lst	-	<u>‘Alt’ &lt; ‘Jung’ ; einfach, komplex:</u> ‘Alt’ < ‘Jung’ ; <u>Lst:</u> ‘Alt’ < ‘Jung’ ; <u>‘Jung’:</u> AB < Lst	-	147

		Situation/Streckenabschnitt	Sekundär- aufgabe	Blickort	Alter	Seite
	Blickverhalten					
Physiologische Maße	Blickdauer: AE 1	<u>Allgemein (ohne BL):</u> einfach = komplex; <u>Allgemein (mit BL):</u> komplex < einfach < BL; <u>Display:</u> einfach < komplex; <u>Straße:</u> komplex < einfach < BL; <u>Tachometer:</u> BL = einfach = komplex	-	Tachometer < Display < Straße	'Jung' < 'Alt' ; <u>Tachometer,</u> <u>Straße:</u> 'Jung' < 'Alt' ; <u>BL: Tachome-</u> <u>ter, Straße:</u> 'Jung' < 'Alt'	151
	Blickdauer: AE 2	<u>Allgemein (ohne BL):</u> einfach = komplex; <u>Streckenart:</u> AB < Lst; <u>Tachometer:</u> komplex < einfach = BL; <u>Display:</u> AB < Lst; einfach < komplex; restli- che Situationen < komplexe Lst; <u>Straße:</u> AB < Lst; komplex < einfach; restli- che Situationen < (leicht Lst < BL); <u>Streckenkomplexität:</u> AB einfach = AB komplex ≤ komplexe Lst = (einfach Lst < BL); <u>Komplex Lst, AB:</u> Display = Straße	<u>Einfach AB:</u> <u>Display:</u> niedrig < hoch; <u>Einfach AB:</u> <u>Straße:</u> hoch < niedrig; <u>Komplexe Lst:</u> <u>Display:</u> niedrig < hoch	Tachometer < Display < Straße	<u>Tachometer,</u> <u>Straße:</u> 'Jung' < 'Alt' ; <u>BL: Tachome-</u> <u>ter, Straße:</u> 'Jung' < 'Alt'	153

Physiologische Maße	Blickhäufigkeit: AE 1	<u><b>Allgemein (ohne BL):</b></u> einfach $\leq$ komplex; <u><b>Allgemein (mit BL):</b></u> komplex = einfach < BL; <u><b>leicht, komplex:</b></u> Tachometer < Display < Straße; <u><b>Tachometer:</b></u> einfach = komplex < BL; <u><b>Display:</b></u> einfach = komplex; <u><b>Straße:</b></u> BL < einfach = komplex	<u><b>niedrige Sekundär-aufgaben-komplexität:</b></u> <u><b>Tachometer:</b></u> komplex < einfach	Tachometer < Display < Straße	'Alt' < 'Jung' ; <u><b>Leicht, komplex:</b></u> <u><b>Tachometer, Straße:</b></u> 'Alt' < 'Jung' ; <u><b>BL: Tachometer, Straße:</b></u> 'Jung' = 'Alt'	156
	Blickhäufigkeit: AE 2	<u><b>Allgemein:</b></u> Lst < AB; <u><b>Streckenkomplexität:</b></u> einfach Lst = komplexe Lst < einfach AB = komplexe AB; <u><b>Tachometer:</b></u> komplex < einfach < BL; <u><b>Display:</b></u> einfach $\leq$ komplex; <u><b>Straße:</b></u> BL < einfach = komplex	<u><b>Niedrige, hohe Sekundär-aufgaben-komplexität:</b></u> Lst < AB; <u><b>Einfach AB, Display:</b></u> niedrig $\leq$ hoch	Tachometer < Display < Straße; <u><b>einfach, komplexe Lst, AB:</b></u> Tachometer < Display < Straße	'Alt' < 'Jung'; <u><b>Lst:</b></u> <u><b>Tachometer:</b></u> 'Alt' < 'Jung' ; <u><b>Lst: Straße:</b></u> 'Alt' $\leq$ 'Jung' ; <u><b>BL: Tachometer:</b></u> 'Jung' = 'Alt' ; <u><b>BL: Straße:</b></u> 'Alt' < 'Jung'	158
	Gesamtblickdauer: AE 1	<u><b>Tachometer:</b></u> einfach = komplex < BL; <u><b>Display:</b></u> einfach = komplex; <u><b>Straße:</b></u> einfach = komplex < BL	-	Tachometer < Display < Straße	-	160

Blickverhalten ff.						
	Gesamtblickdauer: AE 2	<b><u>Streckenart:</u></b> AB < Lst; <b><u>Display:</u></b> restliche Situationen < komplexe Lst; <b><u>Straße:</u></b> restliche Situationen < einfach Lst < BL; <b><u>Tachometer:</u></b> restliche Situationen < einfach AB < BL; <b><u>Lst:</u></b> einfach < komplex; <b><u>AB:</u></b> komplex ≤ einfach	<b><u>Einfach AB:</u></b> <b><u>Display:</u></b> niedrig < hoch Sekundäraufgabenkomplexität; <b><u>Einfach AB:</u></b> <b><u>Straße:</u></b> hoch < niedrige Sekundäraufgabenkomplexität	Tachometer < Display < Straße	-	161
	Anzahl Blickdauer über 1.5 sec.: AE 1	<b><u>Allgemein:</u></b> BL < einfach < komplex; <b><u>Display:</u></b> einfach < komplex; <b><u>Straße:</u></b> BL < einfach < komplex <b><u>komplex:</u></b> Display = Straße	-	Tachometer < Display < Straße	<b><u>Allgemein:</u></b> 'Jung' < 'Alt' ; <b><u>Komplexe Situation:</u></b> 'Jung' < 'Alt'	163
	Anzahl Blickdauer über 1.5 sec.: AE 2	<b><u>Allgemein:</u></b> BL < Lst einfach = AB komplex < AB einfach < Lst komplex; <b><u>Landstraße komplex:</u></b> Display = Straße; <b><u>Display:</u></b> AB komplex = Lst einfach = AB einfach < komplexe Lst; <b><u>Straße:</u></b> BL < AB komplex = Lst einfach = (AB einfach ≤ komplexe Lst)	-	Tachometer < Display < Straße	<b><u>Allgemein:</u></b> 'Jung' < 'Alt' ; <b><u>Tachometer, Display:</u></b> 'Jung' < 'Alt' ; <b><u>Tachometer, niedrige Sekundäraufgabenkomplexität:</u></b> 'Jung' < 'Alt'	165

Aus der Fülle der diskutierten Ergebnisse sollen hier die wichtigsten Ergebnisse nochmals kurz zusammengefaßt dargestellt werden:

#### Einfluß der Sekundäraufgabenkomplexität auf die verwendeten Maße

Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit so stellt man fest, daß die Sekundäraufgabenkomplexität einen eher geringen Einfluß auf das Fahrverhalten hat.

Die auftretenden Veränderungen sind gekennzeichnet durch eine Verschlechterung des Fahrverhaltens bei Zunahme der Sekundäraufgabenkomplexität.

Einer dieser Effekte ist bei den **Blickdaten** zu beobachten. So ist hier klar zu erkennen, daß sowohl bei der einfachen Autobahn als auch bei der komplexen Landstraße die Blickdauer auf das Display bei der hoch-komplexen Sekundäraufgabe in Vergleich zur niedrig-komplexen Sekundäraufgabe länger wird. Zudem wird das Display bei der einfachen Autobahn während der Bearbeitung von hoch-komplexen Sekundäraufgaben tendenziell häufiger betrachtet.

Weiterhin zeigt sich innerhalb der Verhaltensdaten bei den **Navigationsfehlern**, daß die Probanden sich eher während der Bearbeitung einer hoch-komplexen Sekundäraufgabe als während einer niedrig-komplexen verfahren. Im wesentlichen fällt dieses Verhalten bei den älteren Fahrern auf (siehe Abschnitt: älterer Fahrer).

Ein weiterer Effekt der Sekundäraufgabenkomplexität tritt bei den **Beinaheunfällen** innerhalb der komplexen Verkehrssituationen auf. Auch hier nehmen mit zunehmender Anforderung durch die Sekundäraufgabe die Beinaheunfälle um ca. das dreifache zu, so daß sich bei den komplexen Situationen eine 12 % Wahrscheinlichkeit ergibt mit dem vorausfahrenden Fahrzeug oder anderen Objekten zu kollidieren. Dies stimmt auch mit der Annahme des Zusammenhangs zwischen nutzbarem Sehfeld und der Aufmerksamkeit nach Sprenger (1997) überein „für die Blickabwendung zu MMI-Lösungen läßt sich in Bezug auf die Größe des nutzbaren Sehfeldes, also der sicherheitsrelevanten Erkennung von Objekten im peripheren Bereich, vermuten, daß je intensiver die Aufmerksamkeit auf ein Display gelenkt werden muß, desto geringer ... das nutzbare Sehfeld“ (S. 5) ist.

Trotz dieser geringen Anzahl von Effekten bei den niedrig- verglichen mit den hoch-komplexen Sekundäraufgaben bleibt festzuhalten, daß sehr wohl differenzierende Muster auftreten, d.h., daß die Beeinflussung je nach Aufgabenkomplexität unterschiedlich ausfallen kann. Daß dies nur bei einigen Daten erkennbar ist, hängt offensichtlich mit dem Ceiling-Effekt zusammen. Der Ablenkungseffekt ist bereits bei der niedrigen Sekundäraufgabenkomplexität auf einem so hohen Niveau, daß die Steigerung der Komplexität nicht mehr zu sichtbaren Konsequenzen führt. Lediglich Maße, die eine Differenzierbarkeit bei einem hohen Beanspruchungsniveau besitzen, können einen Unterschied der Sekundäraufgabenkomplexität widerspiegeln (siehe dazu De Waard, 1996).

Bei den restlichen Maßen kann zudem nicht ausgeschlossen werden, daß die Probanden ein bestimmtes Leistungsniveau trotz Steigerung der Beanspruchung halten wollen (z.B. bei den

fahrdynamischen Daten) und dies lediglich über die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben regulieren können.

Wird die Leistung in der Sekundäraufgabe in Abhängigkeit von der Streckenkomplexität betrachtet so, wird klar, daß mit steigender Komplexität der Strecke die **Sekundäraufgabenleistung** sinkt. Die geringste Sekundäraufgabenleistung kann dabei bei der komplexen Landstraße beobachtet werden. Ein annähernd gleiches Antwortmuster ergibt sich bei der Befragung der Probanden, ob sie die Sekundäraufgabe **unter normalen Umständen bearbeiten** würden. Offensichtlich sind sich die Versuchspersonen der Beeinträchtigung durch die Sekundäraufgabe innerhalb der verschiedenen Streckenkomplexitäten bewußt. Auch wenn nicht davon ausgegangen werden kann, daß die Probanden so handeln würden – ein Feldexperiment wäre hierzu notwendig – bleibt festzuhalten, daß sie diese erhöhte Beanspruchung bewußt erleben. Dies wird auch deutlich bei der Betrachtung der Steigerungen in der **erlebten Beanspruchung** (Foto-Cueing). Auch hier tritt die höchste Beanspruchung bei der komplexen Autobahn, knapp gefolgt von der komplexen Landstraße und die niedrigste bei der Baseline bzw. der einfachen Autobahn auf.

#### Ältere Fahrer

Insgesamt wird bei den älteren Fahrern deutlich, daß sie einer höheren Ablenkung unterliegen als die jüngeren Fahrer. Die einzelnen Maße weisen oftmals bei den zwei Altersgruppen die gleiche Tendenz auf, sind aber bei den älteren Fahrern eher stärker ausgeprägt. In einigen Fällen ergibt sich jedoch kein Altersunterschied oder gar eine Kompensationsreaktion (siehe unten).

Die Leistung in den **Sekundäraufgaben** ist bei den älteren niedriger als bei den jüngeren. Die Anzahl der richtig gelösten niedrig- und hoch-komplexen Aufgaben unterscheiden sich bei den älteren Fahrern jedoch nicht von einander. Offensichtlich sind sie bereits bei der niedrigen Sekundäraufgabenkomplexität an ihrer Leistungsgrenze angelangt. Dabei zeigt sich interessanterweise, daß die Blickdauer auf das Display bei den jüngeren und älteren Fahrern gleich lang ist. Dagegen ist ebenso bei den **Blickdaten** erkennbar, daß die älteren Fahrer länger auf die Straße und das Tachometer schauen als die jüngeren. Dieses Verhalten spricht dafür, daß die älteren Fahrer ihre erlebten Leistungsgrenzen durch Herabsetzen der Leistung in der Sekundäraufgabe zu kompensieren versuchen, mit dem Ziel die Verkehrssicherheit nicht zu sehr zu beeinträchtigen. Allerdings ist in der Untersuchung erkennbar, daß diese Strategie nicht zielführend ist. So kann beispielsweise ein klarer Alterseffekt innerhalb der Strategie-Ebene beobachtet werden. Dabei verfahren sich mehr ältere als jüngere Fahrer. Ein differenzierteres Bild ergibt die zusätzliche Berücksichtigung der Sekundäraufgabenkomplexität bei den auftretenden Navigationsfehlern. Dabei tritt bei den älteren Fahrern während der Bearbeitung der niedrig-komplexen Sekundäraufgaben lediglich ein Navigationsfehler auf, während diese sich bei den hoch-komplexen Sekundäraufgaben verzehnfachen.

Die Qualität der Querregelung nimmt offensichtlich ebenfalls mit dem Alter ab. Dies ist sowohl in den Situationen mit Sekundäraufgabe als auch bei der Baseline erkennbar. Die jüngeren Fahrer weisen in diesen Fällen keine **Spurhaltefehler** auf, während die älteren mit einer Wahrscheinlichkeit von 7 % eine Spurüberschreitung vornehmen. Es ist jedoch auch zu beobachten, daß während der Autobahn-Abschnitte die älteren Fahrer ihr Fahrzeug kürzer in den kritischen Bereich von 1.5 sec. manövrieren als die jüngeren Fahrer (17 sec. vs. 20 sec., respektive).

Auch bei den verschiedenen **Phasen des Überholmanövers** sind Altersunterschiede bei den Spurhaltemaßen zu beobachten. Bei der Annäherungs-Phase ergeben sich fast doppelt so viele Fehler bei den älteren wie bei den jüngeren Fahrern. Etwa jeder achte ältere Fahrer verursacht pro Situation in der Annäherungs-Phase einen Spurhaltefehler. In der Nach-Phase tritt bei jedem dritten älteren Fahrer eine Spurüberschreitung auf. Bei den jüngeren treten in dieser Phase nur halb so viele Fehler auf.

Im Gegensatz zu den in allen Abschnitten auftretenden Spurhaltefehlern, kommt es lediglich in den komplexen Abschnitten (Landstraße und Autobahn) zu mehr **Beinaheunfällen** bei den älteren Fahrern. Während bei der komplexen Landstraße die jüngeren Fahrer keinen Beinaheunfall zu verantworten haben, ist rund jede 13-te ältere Person in einen Beinaheunfall involviert. Bei der Autobahn ist die Wahrscheinlichkeit für beide Altersgruppen einen Beinaheunfall zu machen noch größer. So liegt sie bei den jüngeren bei 10 % und bei den älteren bei 28 %.

Wie die **TTC-Werte** erkennen lassen, neigen die älteren Fahrer sowohl bei der komplexen Landstraße als auch bei der komplexen Autobahn seltener dazu in den kritischen Abstandsbereich zu gelangen als die jüngeren Fahrer. Offensichtlich versuchen sie die Anforderungen der komplexen Situationen zu bewältigen indem sie größere Abstände einhalten. Daraus resultiert pauschal gesprochen bei den jüngeren Fahrern eine Wahrscheinlichkeit von etwa 50 % den zeitlichen Abstand von 1.7 sec. zum vorausfahrenden Fahrzeug zu unterschreiten. Bei den älteren Fahrern beträgt die Wahrscheinlichkeit bei der komplexen Autobahn lediglich 23 % und bei der komplexen Landstraße 35 %.

Grundsätzlich fahren die älteren Personen im allgemeinen **langsamer**, mit Ausnahme bei der Baseline und der einfachen Landstraße, wo sie sich nicht in ihrer Fahrgeschwindigkeit von den jüngeren unterscheiden.

Interessanterweise zeigt sich bei einigen Maßen, z.B. bei der **Standardabweichung der Gaspedalstellung**, daß bei den komplexen Situationen die jüngeren und die älteren Fahrer sich nicht voneinander unterscheiden. D.h. während in den anderen Abschnitten, die älteren Probanden unruhiger fahren, nivelliert sich dieser Effekt bei steigenden Anforderungen in einer Situation.

Auch wenn die durchschnittliche bzw. relativierte Herzrate nicht direkt darauf hindeutet, ist von einer sehr hohen Beanspruchung der älteren Fahrer in dieser Studie auszugehen. Trotz des



Versuchs kompensatorische Verhaltensweise in verschiedenen Maßen (siehe TTC) einzusetzen, gelingt es den älteren Fahrern hier nicht sicher zu fahren. In der Realität ist demnach davon auszugehen, daß bei älteren Fahrern bereits eine visuelle Suchaufgabe eingebettet in der Bedienung eines Menüs zu Sicherheitsbeeinträchtigungen führen wird. Allerdings sind auch bei den jüngeren Fahrern Fahrveränderungen zu erwarten.

#### Komplexität der Streckenabschnitte gemessen an der verursachten Beanspruchung

Beide in dieser Arbeit verwendeten Methoden zur Erfassung der Beanspruchung ergeben ähnliche Ergebnisse. Der Unterschied besteht darin, daß nach den Ergebnissen der Herzraten-Analyse die komplexe Landstraße die höchste Beanspruchung darstellt während nach der Foto-Cueing-Analyse dieser Abschnitt tendenziell geringer beanspruchend als die komplexe Autobahn ist.

Im einzelnen tritt mit der Methode des **Foto-Cueing** die niedrigste Beanspruchung bei der Baseline bzw. den einfachen Autobahn-Abschnitten auf. Dem folgt die einfache Landstraße, welche auf dem selben Niveau wie die komplexe Landstraße angesiedelt ist. Etwas höher stellt sich schließlich die erlebte Beanspruchung bei der komplexen Autobahn dar.

Bei der **durchschnittlichen Herzrate** läßt sich über alle Abschnitte hinweg beobachten, daß die Baseline innerhalb der Landstraße nur etwas geringer beanspruchend als die Baseline der Autobahn ist. Das nächst höhere Niveau der Herzrate ist bei der einfachen Landstraße bzw. bei den einfachen und komplexen Autobahn-Abschnitten anzutreffen. Die höchste Herzrate tritt schließlich bei der komplexen Landstraße auf.

Basierend auf den Befunden dieser Arbeit ist davon auszugehen, daß die Ergebnisse der Messung der durchschnittliche Herzrate denen durch Foto-Cueing weitestgehend entsprechen. Aufgrund der aufwendigen und für die Probanden oft als unangenehm empfundenen Prozedur zur Erfassung der Herzrate sollte daher grundsätzlich die Methode des Foto-Cueing bevorzugt werden.

#### Berechnungsart

Die Betrachtung der Daten nach Analyseeinheit 2 ergibt – verglichen mit der Analyseeinheit 1 – ausnahmslos differenziertere Ergebnisse. Bei einigen Maßen, wie z.B. der Spurhaltefehler bei den Verhaltensdaten, sind die Ergebnisse der Berechnung nach der Analyseeinheit 1 und 2 sogar konträr zueinander. So tritt bei der Analyseeinheit 1 – im Gegensatz zu Analyseeinheit 2 – bei diesem Maß kein Unterschied zwischen den einfachen und komplexen Situationen auf. Bei der Landstraße ist die Anzahl der Spurüberschreitungen bei den einfachen Situationen niedriger als bei den komplexen. Dieses Bild kippt bei der Autobahn ins Gegenteil um. Während man also bei den Ergebnissen der Analyseeinheit 1 die gleiche Anzahl der Spurhaltefehler bei einfachen und komplexen Situationen mit Kompensationsmechanismen erklären könnte ist bei Analyseeinheit 2 sehr wohl ein unterschiedlicher Sachverhalt zu beo-

bachten. Die Zunahme der Fehler bei der Landstraße scheint mit der ansteigenden Beanspruchung einher zu gehen. Der umkehrte Sachverhalt bei der Autobahn bedarf jedoch weiterer klärender Studien.

### Blickverhalten

Wie bereits bei der Diskussion der Sekundäraufgabe beschrieben, ist bei den Blickdaten nur innerhalb von zwei Streckenabschnitten ein Unterschied aufgrund der verschiedenen Schwierigkeitsgrade der Sekundäraufgabe zu erkennen. Sowohl bei der komplexen Landstraße als auch bei der einfachen Autobahn zeigt sich, daß die hoch-komplexe Sekundäraufgabe eine längere (bei der einfachen Autobahn auch häufigere) Blickdauer auf das Display verursacht, was zu Lasten der Blickdauer auf die Straße geht.

Zusätzlich zeigt sich, daß die Blicke auf das Display bei den komplexen Abschnitten länger ausfallen und tendenziell häufiger als bei den einfachen Abschnitten auftreten. Dabei verhält es sich bei dem Blickort Straße umgekehrt proportional, d.h. die Blicke werden kürzer mit steigender Komplexität der Streckenabschnitte. Somit widersprechen die vorliegenden Ergebnisse denen von Wierwille et al. (1988), in denen festgestellt wird, daß die Fahrer ihr Blickmuster zugunsten der Komplexität der Verkehrsstrecke anpassen.

Die durchschnittliche Blickdauer auf Display ist bei der Autobahn kürzer als bei der Landstraße. Dabei ist die Blickdauer auf das Display bei der komplexen Landstraße und der komplexen Autobahn vergleichbar mit der auf die Straße.

Die Komplexität der Strecke wirkt sich ebenfalls auf den Kontrollblick in Richtung Tachometer aus. Bei den komplexen Abschnitten ist nämlich deutlich erkennbar, daß das Tachometer am kürzesten und am seltensten betrachtet wird. Demgegenüber wird es bei der Baseline am häufigsten und am längsten betrachtet.

Bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten ergeben sich die längsten und häufigsten Blicke auf das Display. Auch die häufigsten Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auf das Display sind bei dieser Streckenform aufzufinden. So ist hierbei eine Anzahl von 5.3 Blicken zu beobachten, die eine Länge von 1.5 sec. Überschreiten, was nicht mehr akzeptabel ist (z.B. Zwahlen et al. 1988). Wie auch bei der Diskussion der Maße aus der komplexen Landstraße unschwer zu erkennen ist, stellt dieser Streckenabschnitt ein hohes Gefahrenpotential dar (siehe unten). Jedoch sind die Blicke mit Dauern über 1.5 sec. auf das Display in allen Abschnitten vorzufinden.

Da Blickdauer und Blickhäufigkeit dasselbe Muster aufweisen, mit jeweils den höchsten Werten bei komplexer Landstraße und niedrigeren bei den restlichen Abschnitten, kann die Frage ob die Blickdauer oder die Blickhäufigkeit zur Beschreibung des Blickverhaltens, bzw. kritischer Verhaltensweisen verwendet werden sollte, hier nicht geklärt werden. Wie im nächsten Abschnitt zu sehen ist, kann auch die Anzahl von Blicken mit einer Blickdauer von über

1.5 sec. ebenfalls nicht als Kriterium zur Prognose von Verhaltensänderungen verwendet werden. Vielmehr hängt das Kriterium von der Art der Streckenabschnitte ab.

#### Zusammenhang zwischen der Anzahl kritischer Blickdauern und anderen Maßen bei verschiedenen Streckenabschnitten

Wird die **komplexe Autobahn** betrachtet, die mit lediglich 1.8 Blicke die niedrigste **Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec.** aufweist, können hier einige Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit festgestellt werden.

Die Fahrer innerhalb dieses Abschnittes weisen – verglichen mit den anderen Abschnitten – die unruhigste Längsregelung (höchste **Standardabweichung der Gaspedalstellung**) auf.

Die Qualität der Längsregelung, gemessen an der Dauer der Unterschreitung der **1.7 sec. zum vorausfahrenden Fahrzeug**, ist dabei vergleichbar wie bei der Baseline. Genauer gesagt liegt der Mittelwert dieses Maßes bei 2.8 sec. pro Situation mit Unterschreitung der 1.7 sec.-Grenze. Allerdings zeigt sich auch, daß die Fahrer diesen Abstand häufiger als bei der Baseline unterschreiten. So unterschreitet jede Person innerhalb von drei Situationen diesen Abstand einmal. Dies reicht aus, um mit einer Wahrscheinlichkeit von 18 % auch die häufigsten **Beinaheunfälle** verglichen mit allen anderen Abschnitten aufzuweisen. Beeinträchtigt wird dieses Ergebnis durch die Zusammensetzung des vorliegenden Analyseabschnitts. Hierbei werden nämlich lediglich Situationen subsumiert, die eine schnelle Wahrnehmung, Entscheidung und Reaktion unter Berücksichtigung der anderen Verkehrsteilnehmer erfordern.

Diese hohen Anforderungen drücken sich auch in der höchsten durchschnittlichen Herzrate (nach der komplexen Landstraße) aus. Auch mit Hilfe des Foto-Cueings ist in diesem Abschnitt die höchste erlebte **Beanspruchung** zu beobachten. Folglich wären die Probanden hier am wenigsten bereit die Sekundäraufgabe unter normalen Umständen zu bearbeiten (88 % Nein-Antworten). In der Versuchsbedingung zeigt sich ebenfalls, daß neben der komplexen Landstraße hier die wenigsten Sekundäraufgaben richtig bearbeitet werden können. Dabei unterscheidet sich weder die Blickdauer (MW=1.18 sec.) noch die Blickhäufigkeit auf das Display von den restlichen Abschnitten – mit Ausnahme der komplexen Landstraße. Die Anforderungen dieses Abschnitts führen offensichtlich dazu, daß die Beanspruchung in der Doppelaufgabe so hoch ist, daß die Fahrer die Sekundäraufgabe nur bedingt bearbeiten können, um die Verkehrssicherheit nicht zu sehr zu vernachlässigen.

Bei der Querregelung ist den gemessenen Daten zu entnehmen, daß die durchschnittliche, theoretische Dauer bis zum Verlassen der Spur, sofern keine Lenkbewegungen vorgenommen werden, 2.6 sec. beträgt. Auch wenn die Daten zeigen, daß die durchschnittliche Dauer der kritischen Unterschreitung vergleichbar mit der der Baseline ist, ist die absolute Dauer mit ca. 17 sec. pro Situation beträchtlich. Die Auswirkungen dieser langen Dauer der Unterschreitung werden bei den Verhaltensdaten erkennbar. Die komplexe Autobahn weist hier die zweitniedrigste Anzahl an **Spurhaltefehlern** (nach der Landstraßen- und Autobahn-Baseline)

auf. Die Wahrscheinlichkeit hier Spurhaltefehler zu verursachen, während der Bearbeitung von Sekundäraufgaben, liegt jedoch bei 26 %. Somit kann davon ausgegangen werden, daß die Spurhaltung innerhalb der komplexen Autobahn-Abschnitte beeinträchtigt ist.

Werden alle vorliegenden Ergebnisse der komplexen Autobahn zusammen betrachtet, so läßt sich erkennen, daß die Fahrer versuchen die Sekundäraufgabe auf einem niedrigen Niveau zu halten. Dies kann evtl. der Grund für das bewußte Vermeiden von Blicken mit einer Dauer von über 1.5 sec. (lediglich 1.8 Blicke) sein. Trotzdem reichen diese Maßnahmen jedoch nicht aus um in diesen sehr anspruchsvollen Situationen sicher das Fahrzeug zu führen.

Vergleichsweise liegt bei den **einfachen Autobahn-Abschnitten**, die Anzahl der **Blicke über einer Dauer von 1.5 sec.** bei 2.6 – der dritthöchste Wert dieses kritischen Maßes. Dieser Streckenabschnitt ist gekennzeichnet durch Überholmanöver von sehr langsameren Verkehrsteilnehmern bzw. einer Spurverengung bedingt durch das Autobahnende.

Die Beanspruchung bei diesem Abschnitt ist gemessen an der **Herzrate** so hoch wie bei der komplexen Autobahn und damit höher als bei der Baseline. Während die komplexe Landstraße die höchste durchschnittliche Herzrate aufweist liegt hier eine Beanspruchung auf mittlerem Niveau vor. Die Befragung der Probanden nach der **erlebten Beanspruchung** ergibt sogar Werte, die denen der Baseline entsprechen. Zudem würden nach der Befragung so viele Fahrer die **Sekundäraufgabe unter normalen Umständen** bearbeiten wie bei der Baseline (einfache Autobahn: 66 %, Baseline: 63 % Nein-Antworten). Es verwundert daher nicht, daß hier die höchste Anzahl (5.1 Aufgaben pro Minute) an gelösten Sekundäraufgaben auftritt.

Ohne die Betrachtung der Baseline tritt bei der Autobahn-Fahrt in den einfachen Abschnitten die höchste **Geschwindigkeit** auf. Die **Standardabweichung der Gaspedalstellung** ist dabei höher als bei der Baseline. Es wird hier jedoch ruhiger gefahren als bei der oben beschriebenen komplexen Autobahn.

Die Dauer der **Unterschreitungen des kritischen Abstandes** zum vorausfahrenden Fahrzeug (kritischer Zeitabstand von 1.7 sec.) ist bei diesem Abschnitt, verglichen mit den restlichen Autobahn-Abschnitten, am höchsten (ca. 6 sec.). Wie auch bei der komplexen Autobahn unterschreitet etwa jede dritte Person den kritischen Abstand zum **vorausfahrenden** Fahrzeug. Interessanterweise werden hier jedoch – wie auch bei der Baseline – keine **Beinaheunfälle** registriert. Somit begeben sich die Fahrer während der Bearbeitung einer Sekundäraufgabe durchaus in einen kritischen Abstandsbereich, können jedoch, da noch genügend Ressourcen vorliegen und die Situationen nicht zeitkritisch sind, die Verkehrssituationen noch durchaus sicher bewältigen. Allerdings sind in diesem Stadium der Beanspruchung schon Anzeichen vorhanden, daß die Längsregelung zwar gemeistert werden kann, jedoch die Leistungsgrenze erreicht ist.

Auch bei der Querregelung treten innerhalb der einfachen Autobahn-Abschnitte Ablenkungseffekte auf. So liefert die Betrachtung der Qualität der Querregelung die höchste Anzahl an

**Spurhaltefehlern** bei der Autobahn und die zweithöchste insgesamt (62 %). Auch bei den gemessenen Daten ist hier die schlechteste Querregelung zu beobachten. So zeigt sich hier, daß die Probanden ohne Lenkkorrekturen innerhalb von nur 1.9 sec. die Spur verlassen würden, was die geringsten Dauer verglichen mit den anderen Abschnitt darstellt. Zudem befinden sich die Fahrer in mehr als 33 % der Zeit (23.4 sec. pro Situation) unter der kritischen Dauer von **1.5 sec. bis zur Spurüberschreitung**.

Offensichtlich führt hier die subjektive Einschätzung der Streckenkomplexität dazu, daß die Fahrer bezüglich der Spurführung risikoreicher fahren als beispielsweise bei der komplexen Autobahn. Diese subjektive Einschätzung könnte der Grund sein, warum die Probanden das Display innerhalb der einfachen Autobahn-Abschnitte mit zunehmender Sekundäraufgabenkomplexität länger und gleichzeitig den Straßenverkehr weniger beobachten. Dies steht im Einklang mit Unfallstatistiken, welche zeigen, daß Unfälle vor allem bei harmlos erscheinenden Streckenabschnitten auftreten.

Wie sieht die Sachlage bei der **komplexen Landstraße** aus, die wie bereits erwähnt durchschnittlich 5.3 Blicke mit einer Dauer von mindestens 1.5 sec. bei den Fahrern verursacht und damit die kritischste Ablenkungszeit der vorliegenden Untersuchung darstellt?

Die Beanspruchungsdaten liefern einen sehr hohen Wert bei der **subjektiven Einschätzung** in diesem Streckenabschnitt (komplexe Autobahn liegt tendenziell etwas höher) und die höchste durchschnittliche Herzrate. Somit kann bei diesem Streckenabschnitt von einer Beanspruchung auf hohem Niveau ausgegangen werden. Gleichzeitig ist hier außerdem die Leistung in der Sekundäraufgabe mit 4.3 Aufgaben pro Minute – neben der bei der komplexen Autobahn – am niedrigsten. Dabei ergibt sich bei der Befragung, ob unter normalen Umständen eine Zweitaufgabe nebenher bearbeitet würde eine niedrigere Wahrscheinlichkeit als bei der komplexen Autobahn. Mit etwa 75 % Verneinungen ist dieser jedoch absolut betrachtet trotzdem relativ hoch.

Wie bei der einfachen Autobahn, nimmt auch hier mit der Komplexität der Sekundäraufgabe die **Dauer der Blicke auf das Display** zu (1.3 sec. vs. 1.5 sec.). Die durchschnittliche Blickdauer läßt zudem erkennen, daß die Blickorte Display und Straße vergleichbar lang betrachtet werden. Somit findet ein gleich getakteter Wechsel zwischen Umwelt und Fahrzeuginnenraum statt.

Verglichen mit den restlichen Landstraßen-Abschnitten ist die **Geschwindigkeit** bei der komplexen Landstraße am niedrigsten. Dabei ist die **Standardabweichung der Gaspedalstellung** am höchsten, was auf das unruhigste Fahrverhalten in dieser Untersuchung hindeutet.

Interessanterweise ergibt sich bei der Betrachtung der **durchschnittlichen TLC-Werte** kein Unterschied innerhalb der Landstraßen-Abschnitte. Bei der Betrachtung der **kritischen TLC-Werten** zeigt sich jedoch, daß sich die Abschnitte sehr wohl unterscheiden. Die kürzeste Unterschreitung tritt dabei bei der komplexen Landstraße mit rund 8 sec. pro Minute auf. Trotz-

dem ist gemäß den Verhaltensdaten hier die Wahrscheinlichkeit **Spurhaltefehler** zu begehen am höchsten (67 %).

Weiterhin tritt bei der komplexen Landstraße die längste Dauer der Unterschreitung des Zeit-**Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug unter 1.7 sec.** auf mit 17.7 sec. pro Situation, jedoch nicht die häufigste Anzahl (einfache Landstraße häufiger). Dies hat zur Folge, daß jeder Fahrer alle 25 Situationen auf diesem Streckentyp einen **Beinaheunfall** verursacht. Die Wahrscheinlichkeit pro Proband und Situation einen Beinaheunfälle zu beobachten beträgt somit 4 % bei dieser Strecke. Bei der tendenziell geringer beanspruchenden Baseline kommen hingegen keine Beinaheunfälle vor. Es zeigt sich bei den komplexen Abschnitten, daß die Beinaheunfälle mit der Komplexität der Sekundäraufgabe zunehmen. D.h. die Wahrscheinlichkeit während der Bearbeitung der niedrig-komplexen Sekundäraufgabe einen Beinaheunfälle zu begehen liegt bei 4 % und während der hoch-komplexen Sekundäraufgabe bei der dreifachen Anzahl, d.h. bei 12.5 %.

Betrachtet man die aufgeführte Untersuchungsergebnisse so wird klar, daß die Festlegung einer Grenzzahl von Blicken mit Dauern über 1.5 sec. zur Beschreibung der Verkehrssicherheit nicht ausreicht. So treten beispielsweise bei der komplexen Autobahn 1.8 Blicke über der kritischen Blickdauer von 1.5 sec. auf. Nach Zwahlen et al. (1988) liegt diese Anzahl an Blicken mit Dauern über 1.5 sec. höchstens in der sogenannten „gray area“. Wie jedoch bereits erläutert ist hier aber beispielsweise die Wahrscheinlichkeit für Beinaheunfälle am höchsten, was darauf hindeutet, daß die Verkehrssicherheit stark beeinträchtigt ist. Allerdings ist diese Schlußfolgerung insgesamt nur aufgrund der Vielzahl der in der vorliegenden Studie verwendeten Maße zu treffen. Würde beispielsweise die Dauer des TLC unter 1.5 sec. als Validierungskriterium verwendet, so könnte man bei der komplexen Autobahn feststellen, daß sie sich nicht von der Baseline unterscheidet. Auch bei der Analyse der Dauer der TTC Unterschreitungen von 1.7 sec. zeigt, daß bei der komplexen Autobahn und der Baseline vergleichbar gefahren wird. Zudem ist hier – neben der komplexen Landstraße – die geringste Sekundäraufgabenleistung zu beobachten. Demnach hätte man nur anhand dieser Daten bei diesen beiden Streckenabschnitten den Schluß ziehen können, daß die Zusatzbelastung durch eine Reduktion der Leistung in der Sekundäraufgabe kompensierbar ist und – vorausgesetzt das Verhalten während der Baseline würde als ideal (siehe Abschnitt: Gegenüberstellung Verhaltensdaten und fahrdynamische Daten) gelten – dies ohne eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit.

#### Phasen beim Überholvorgang

Das in den verschiedenen Phasen eines Überholvorgangs unterschiedliche Verhaltensweisen vorhanden sein können, kann in dieser Arbeit anhand der Anzahl der Spurhaltefehler eindeutig dargelegt werden.

Während in der Annäherungs-Phase auf ein vorausfahrendes Fahrzeug die Wahrscheinlichkeit für einen Spurhaltefehler bei 9 % liegt, steigt sie in der Nach-Phase auf 24 %. Zusätzlich kann beobachtet werden, daß bei der Gesamtanzahl an Spurhaltefehlern in den untersuchten Situationen 20 % auf die Annäherungs-Phase und 52 % auf die Nach-Phase entfallen. Dabei wird – sowohl in der Annäherungs- als auch in der Nach-Phase – die Aufmerksamkeit des Fahrers zwischen Fahr- und Zusatzaufgabe (Doppelaufgabe) aufgeteilt. Der Anstieg der Spurhaltefehler ist möglicherweise mit der reduzierten Anzahl der Fahrer erklärbar, welche die Fahraufgabe alleine priorisieren. Diese nehmen von 24 % in der Annäherungs-Phase auf 5 % in der Nach-Phase ab.

Allerdings könnte der Anstieg der Spurhaltefehler in der Nach-Phase auch mit der Rückführung auf die Fahrbahn, bei dem eine Art "Nachpendeln" stattfindet, zusammen hängen.

Wie bereits bei der Diskussion der Verhaltensdaten beschrieben, könnten auch die fehlenden Umweltinformationen diese Spurabweichungen bedingen. Es sind daher weitere Studien notwendig um eine eindeutige Erklärung für dieses beobachtete Verhalten zu finden.

Es bleibt festzuhalten, daß die vorliegend verwendete Methode den Vorteil bietet, neben den ganzen Situationen bzw. Streckenabschnitten, zusätzlich Aufschluß zu bekommen, zu welchem Zeitpunkt bzw. während welcher Handlungssequenz jeweils Verhaltensänderungen auftreten bzw. entstehen. Die Identifikation dieser kritischen Zeitpunkte wäre für die Auslegung und Gestaltung von Assistenzsystemen hilfreich.

#### Gegenüberstellung von Verhaltensdaten und fahrdynamischen Daten

##### **TLC und Spurhaltefehler**

Nach der Ansicht von Zwahlen et al. (1988) ist „one important measure of driver performance ... the amount by which an automobile's path deviates from the center of the lane while the driver is operating the CRT touch panel since even small deviations of a few feet may prove to be fatal“ (S. 337). So kommen auch hier in dieser Arbeit Spurabweichungen vor. Wie jedoch die Beschreibungen der Leistungen innerhalb der verschiedenen Streckenabschnitte zeigen, stimmen die Aussagen der TLC-Ergebnissen auf den ersten Blick nicht immer mit denen der Verhaltensbeobachtung überein.

So ergeben sich beispielsweise zwischen den Landstraßen-Abschnitten keine Unterschiede in der durchschnittlichen Dauer bis zur Spurüberschreitung. Bei der Dauer der Unterschreitung des TLC von 1.5 sec. zeigen sich jedoch differenzierende Ergebnisse, wobei die Unterschreitung bei der komplexen Landstraße (ca. 8 sec.) am geringsten und bei der Baseline am höchsten ist (ca. 14 sec.). Bei den Verhaltensdaten zeigt sich hingegen, daß bei dem Befahren der Baseline-Abschnitte eine Wahrscheinlichkeit von 1 %, bei den einfachen Abschnitten eine Wahrscheinlichkeit von 40 % und bei den komplexen Abschnitten eine Wahrscheinlichkeit von 67 % für das Auftreten von Spurhaltefehlern besteht.

Wie passen diese Ergebnisse zusammen bzw. welche Erklärung gibt es dafür?

Offensichtlich wird bei der Baseline ein gleich großer Abstand zu den Straßenrändern nicht als optimal angesehen, d.h. die Fahrer führen das Fahrzeug eher nicht entlang der Fahrbahnmitte.

Bei den komplexen Abschnitten ergeben sich bei den Probanden zwar nur kurze Unterschreitungszeiten, jedoch ist damit oft eine Spurüberschreitung verbunden.

Bei den Autobahn-Abschnitten ist erkennbar, daß – die Baseline ausgenommen – ein Zusammenhang zwischen der Dauer der Unterschreitung des TLC unter 1.5 sec. und den Spurhaltefehlern besteht. Bei der Baseline zeigt sich hingegen, daß das kritische Maß einerseits etwa genauso häufig wie bei den komplexen Abschnitten unterschritten wird (16 sec. vs. 17 sec., respektive), andererseits besteht bei der Baseline aber nur eine 5% Wahrscheinlichkeit einen Spurhaltefehler zu beobachten gegenüber der komplexen Autobahn mit einer Wahrscheinlichkeit von 26%.

Folgende Schlüssen können daher aus den vorliegenden Ergebnissen gezogen werden:

1. Bei den Autobahn-Abschnitten kann sowohl der kritische TLC-Wert oder die beobachteten Spurhaltefehler für die Beschreibung der Querstabilität verwendet werden. Bei den komplexen Landstraßen-Abschnitten ist bereits eine relativ kurze Unterschreitung des TLC-Wertes unter 1.5 sec. als sicherheitskritisch einzustufen. Die beobachteten Spurhaltefehler stellen hier das eher geeignete Maß dar.
2. Ein Vergleich der Dauer des TLC unter 1.5 sec. der verschiedenen Abschnitte mit der Leistung in der Baseline ist nicht zielführend, da die Fahrer ein mittiges Befahren der Fahrbahn nicht als optimales Fahrverhalten ansehen.
3. Weiterhin sollten nicht die durchschnittlichen TLC-Werte zur Analyse des Fahrverhaltens herangezogen werden, sondern die Unterschreitung des kritischen Maßes von 1.5 sec. bis zur Überschreitung der begrenzenden Fahrspur-Markierung.

### **TTC und Beinaheunfälle**

Ähnlich wie bei der Qualität der Querregelung sind auch bei der Längsregelung Unterschiede in den gemessenen Daten bzw. in den von den Beobachtern erhobenen aufzufinden.

Innerhalb der Landstraßen-Abschnitte tritt beispielsweise die höchste Anzahl der Beinaheunfälle bei den einfachen Abschnitten (Wahrscheinlichkeit 17 %) auf. Dagegen besteht nur eine 4 % Wahrscheinlichkeit bei der komplexen Landstraße einen Beinaheunfälle zu verursachen. Bei der Baseline ist kein Beinaheunfälle zu beobachten. Vergleicht man die zeitliche Dauer der Unterschreitung des Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug unter 1.7 sec. so stellt man fest, daß innerhalb des Baseline dieser nur für 1.8 sec. unterschritten wird. Bei der einfachen Landstraße wird dieser dagegen ca. 5 sec. und bei der komplexen ca. 18 sec. unterschritten. Betrachtet man die Anzahl der kritischen Unterschreitung so zeigt sich allerdings, daß – ähnlich wie bei der Anzahl der Beinaheunfälle – die höchste Anzahl von Unterschreitungen bei der einfachen Landstraße (relative Anzahl: 0.69) auftritt. Die geringste Anzahl des TTC unter 1.5 sec. wird von den Fahrern bei der Baseline (relative Anzahl: 0.14) verursacht.



Bei der Autobahn kommt es weder bei den einfachen Abschnitten noch bei der Baseline zu Beinaheunfällen. Bei den komplexen Abschnitten besteht allerdings eine Wahrscheinlichkeit von 18 % für einen Beinaheunfall, oder anders ausgedrückt wird jeder sechste Fahrer bei den komplexen Autobahn-Abschnitten in einen Beinaheunfall verwickelt.

Betrachtet man wiederum den kritischen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, so wird man feststellen können, daß die Anzahl dieser Unterschreitungen zum vorausfahrenden Fahrzeug ein vergleichbares Muster wie die Anzahl der Beinaheunfälle aufweisen. Dabei wird in jeder fünften Situation der Baseline und in rund jeder dritten der anderen Abschnitte der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug unterschritten. Auch die aus der Verhaltensbeobachtung gewonnenen Kategorisierung der verschiedenen Abstände zeigt bei den Autobahn-Abschnitten, daß ein geringer Abstand am seltensten bei der Baseline bzw. bei den einfachen Abschnitten und am häufigsten bei der komplexen Autobahn auftritt. Die Dauer der Unterschreitungen betragen dagegen bei der Baseline und den komplexen Abschnitten 2 bzw. 3 sec. pro Minute, bei der einfachen Autobahn jedoch ca. 6 sec..

Folgende Schlüsse können aus den vorliegenden Ergebnissen gezogen werden:

1. Die Baseline weist sowohl die geringste Anzahl und Dauer des TTC unter 1.7 sec. auf als auch die geringste Anzahl an Beinaheunfällen.
2. Für die Beschreibung des kritischen Abstandsverhaltens kann entweder die Registrierung der Anzahl der Beinaheunfälle durch einen Beobachter oder durch die Auswertung Anzahl der Unterschreitungen des TTC unter 1.7 sec. basierend auf den fahrdynamischen Maßen vorgenommen werden.
3. Die TTC-Werte und Beinaheunfälle werden nicht so stark von der Sekundäraufgabe sondern eher von der Streckenkomplexität beeinträchtigt.
4. Die verschiedenen Streckenarten sollten getrennt in die Analyse eingehen.

### Fazit

Aus den erzielten Ergebnissen lassen sich folgende Erkenntnisse und Handlungsanweisungen ableiten:

- Ablenkung muß in verschiedenen **Streckenabschnitten** untersucht werden: Die Versuchsstrecke sollte verschiedene Streckenkomplexitäten beinhalten (mindestens: einfache und komplexe Situationen). Dabei sollten Streckenabschnitte mit verschiedenen Geschwindigkeitsprofilen und Situationen mit und ohne die Notwendigkeit von unvorhergesehenen Reaktionen verwendet werden.
- Daten sollten nach **Komplexität und Streckenart (Analyseeinheit 2) analysiert werden.**
- Das Phänomen der Ablenkung ist **zu komplex um es anhand der Ausprägung nur eines Maßes beschreiben zu können.** Es besteht vielmehr die Gefahr falsche Schlüsse aus einzelnen Ergebnissen zu ziehen. Auch ein kritischer Wert eines Maßes alleine kann

nicht die Ablenkungskritikalität im vollen Umfang absichern (siehe Abschnitt: Zusammenhang zwischen der Anzahl kritischer Blickdauern und anderen Maßen bei verschiedenen Streckenabschnitten).

- Blicke mit Dauern über 1.5 sec. finden bei allen Streckenabschnitten statt, bei denen eine Sekundäraufgabe präsentiert wird. Selbst innerhalb des Abschnitts, in dem die wenigsten Blicke oberhalb dieser Grenzdauer vorhanden sind, kommt es zu einer massiven Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit. Offensichtlich reichen dabei die von der Umwelt aufgenommenen Informationen nicht mehr aus um die Fahraufgaben bzgl. der Spurhaltung, der untersten Hierarchie-Ebene des Autofahrens, sicher zu bewältigen. Aber auch innerhalb der nächst höheren Ebene kommt es zu massiven Beeinträchtigungen, wie anhand der höchsten Anzahl von Beinaheunfällen gesehen werden kann. Ein Blick, mit einer Dauer von 1.5 sec. in den Fahrzeuginnenraum gerichtet, ist demnach als verkehrskritisch anzusehen. Die Kritikalität wird dabei weniger von der Anzahl dieser kritischen Blicke als von der Charakteristik der jeweiligen Situation (z.B. andere Verkehrsteilnehmer sind vorhanden, schnelle Entscheidung sind notwendig) bestimmt. Die jeweilige Situation beeinflusst demnach auch welche Verhaltensweisen einer Verschlechterung unterliegen.
- **Verhaltensdaten und fahrdynamische Daten** sollten gleichzeitig erhoben werden.
- Zur Bestimmung von Beanspruchung sollte die Methode des Foto-Cueings verwendet werden.
- Wenn man eine Worst-Case-Betrachtung anstrebt, sollte man anhand des GEFT Versuchspersonen mit einer hohen Feldabhängigkeit bestimmen.
- Ältere Probanden stellen eine stark ablenkungsgefährdete Gruppe dar und sollten bei Studien mit berücksichtigt werden.
- Betrachtungen von verschiedenen **Phasen** liefern kritische Zeitpunkte, in denen kritisches Verhalten auftritt. Dabei sollten jedoch auch **Prioritäten** betrachtet werden, um Verhaltensweisen erklären zu können.
- Die Variable **Geschlecht** weist teilweise auf Unterschiede bei Männern und Frauen hin
- Es kann nicht davon ausgegangen werden, daß innerhalb der Baseline ideal gefahren wird (siehe TLC-Gesamtdiskussion). Daher ist die Gegenüberstellung von Ergebnissen mit und ohne Zusatzaufgabe nur bedingt möglich.

**Die Maße, die bei Ablenkungsstudien verwendet werden sollten, sind:**

- Beanspruchung mittels Fotocueing,
- Leistung in der Sekundäraufgabe,
- Durchschnittliche Geschwindigkeit,
- Standardabweichung Gaspedalstellung,
- Dauer kritischer Time-To-Line-Crossing-Wert (TLC, unter 1.5 sec.) bei Autobahn-Abschnitten; Spurhaltefehler (sinnvoll bei Landstraßen- und Autobahn-Abschnitten),

- Anzahl Time-To-Collision-Wert (TTC) unter 1.7 sec. oder Anzahl der Beinaheunfälle,
- Durchschnittliche Anzahl und Blickdauer auf verschiedene Blickorte und
- Anzahl der Blicke mit Dauern über 1.5 sec. in den Innenraum (Sekundäraufgabendis-play).

**Maße, die weniger zu empfehlen sind:**

- Herzrate,
- Standardabweichung der Geschwindigkeit,
- Gesamtblickdauer,
- Durchschnittlicher TLC,
- Dauer Time-To-Collision-Wert (TTC) unter 1.7 sec. und
- Sicherungsverhalten.

## 6 Abkürzungen und mathematische Größen

$\chi$	Chi
MW	Stichprobenmittelwert
AB	Autobahn
AE 1	Analyseeinheit 1
AE 2	Analyseeinheit 2
Alterskat.	Alterskategorie
B	Baseline
BI	Baseline
Bpm	Beats per minute
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
durchn.	durchschnittlich
ebd.	ebenda
EFT	Embedded Figure Test
et al.	und andere
F	F-Wert
FA	Fahraufgabe
Fzg.	Fahrzeug
G	niedrigere und homogene Geschwindigkeit
G.keit	Geschwindigkeit
GEFT	Group Embedded Figure Test
h	Stunden
Hrsg.	Herausgeber
Hz	Herz
IBI	Inter Beat Intervall
IVIS	In-Vehicle Information Systems
KB	knowledge-based
km	Kilometer
km/h	Kilometer je Stunde
Lkw	Lastkraftwagen
Lst	Landstraße
m	Meter
min	Minute
MMI	Mensch Maschine Interaktion
MoTiV	Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr
mp/h	Meilen pro Stunde
MRM	Multiple Resource Model
ms	Millisekunden
msec.	Millisekunden
MTA	medizinisch-technischer Assistent
MW	Mittelwert
n	Anzahl
n.b.	nicht berechnet
n.s.	nicht signifikant
NASA-TLX	NASA-Task Load Index
NR	Notwendigkeit unmittelbarer Reaktion

p	Wahrscheinlichkeit
PDT	Peripheral Detection Task
Pkw	Personenkraftwagen
R	Fahren auf der rechten Spur
r	Korrelationskoeffizient
RB	rule-based
rel.	relative
s	Sekunde
S.	Seite
SA	Sekundäraufgabe
SD	Standardabweichung
sec.	Sekunde
Sek. Aufg.	Sekundäraufgabe
Sign. Niv.	Signifikanz Niveau
Sit.	Situation
Sit.-Kompl.	Situationskomplexität
StVO	Straßenverkehrsordnung
Tachom.	Tachometer
TLC	Time-To-Line-Crossing
TTC	Time-To-Collision
TTI	Time To Intersection
u.a.	unter anderem
ÜV	Überholverzicht
Val	Validierungssituation
vgl.	vergleiche
Vp	Versuchsperson
VRC	Vario-Research-Car
vs.	versus
Z	konservative Zeitlücken
z	z-Wert
z.B.	zum Beispiel
ZA	Zeitkritische Aufgabe

## 7 Literatur

- Alm, H. & Nilsson, L. (1991). *Changes in driver behaviour as a function of handsfree mobile telephones: a simulator study*. In VTI särtryk 175, reprint from DRIVE Project V1017 (Bertie). Linköping: VTI 1991 und Proceedings of the Conference „Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents“ in Gothenburg, Sweden, Sept. 18-20, 1991, Part 1. VTI rapport 372A. Linköping: VTI, 27-44.
- Anacapa Sciences (1976). Driver expectancy in locating automotive controls. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers (SAE). Report Nr. SP-407.
- Baddeley, A., Logie, R. & Nimmo Smith, I. (1985). Components of fluent reading. *Journal of Memory and Language*, 24, 119-131.
- Bartmann, A. (1995). *Zur Erfassung von kognitiver Beanspruchung beim Führen von Kraftfahrzeugen. Eine Feldstudie*. Aachen: Verlag Shaker.
- Becker, S., Brockmann, M., Bruckmayr, E., Hofmann, O., Krause, R., Mertens, A., Nin, R. & Sonntag, J. (1995). Telefonieren am Steuer. *Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen. Reihe Mensch und Sicherheit*, Heft M 45. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für Neue Wissenschaft GmbH.
- Bhise, V. D., Forbes, L. M. & Farber, E. I. (1986). *Driver behavioral data and considerations in evaluating in-vehicles controls and displays*. Paper presented at the 65th Annual Meeting, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C.
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer Verlag.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.
- Brookhuis, K. A. (1995a). DETER. *Detection, Enforcement and Tutoring for Error Reduction. Final Report*. (Report 2009/DETER/Deliverable 20). Haren: Traffic Research Centre, University of Groningen.
- Brookhuis, K. A., De Vries G. & De Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 23, 309-316.
- Brookhuis, K.A. (1995b). Driver impairment monitoring system. In M. Vallet & S. Khaldi (Hrsg.) *Vigilance et Transports* (S. 287-297). Lyon: Presses Universitaires de Lyon.
- Bruckmayr, E. & Reker, K. (1994). Neue Informationstechniken im Kraftfahrzeug. Eine Quelle der Ablenkung und der informatorischen Überlastung? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 40, 12-23.
- Byers, J. C., Bittner, A. C. & Hill, S. G. (1989). Traditional and raw task load index (TLX) correlations: are paired comparisons necessary? In A. Mital (Hrsg.), *Advances in industrial ergonomics and safety, I* (S. 481-485). London: Taylor & Francis.

- Cohen, A.S. (1997). Möglichkeiten und Grenzen der Informationsaufnahme und -verarbeitung im motorischen Strassenverkehr aus psychologischer Sicht. In R. Schaffhauser (Hrsg.) *Aspekte der Überforderung im Strassenverkehr - Forderungen an die Praxis*. Hochschule St. Gallen.
- Dahmen-Zimmer, K., Huber, M., Kaiser, I., Scheufler, I., Piechulla, W., Praxenthaler, M., Vogel, K. & Zimmer, A. (1998). *Definition und Validierung von Kriterien für die Ablenkungsauswirkung von MMI-Lösungen*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Endbericht.
- Dahmen-Zimmer, K., Kostka, M., Piechulla, W., Scheufler, I. & Zimmer, A. (1999). *Kompendium für dedizierte Methoden bei der Untersuchung von informationellen Zusatzfunktionen im Fahrzeug (KOMI-ZIF)*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Endbericht.
- De Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Ph.D. Thesis. Haren: Traffic Research Centre VSC, University of Groningen.
- De Waard, D., Jessurun, M., Steyvers, F. J. J. M., Raggatt, P. T. F. & Brookhuis, K. A. (1995). Effect of road layout and road environment on driving performance, drivers' physiology and road appreciation. *Ergonomics*, 38, 1395-1407.
- Debus, G., Renner, G., Bartmann, A., Spijkers, W. & Heller, D. (1991). *Routinehandlungen beim Führen von Kraftfahrzeugen*. Forschungsbericht 8914 2. Zwischenbericht. Rheinisch-Westphälische Technische Hochschule Aachen Institut für Psychologie.
- Deutsch, J.A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Dingus, T. A., Antin, J. F., Hulse, M. C. & Wierwille, W. W. (1989). Attentional demand requirements of an automobile moving-map navigation system. *Transportation Research*, 23, 301-315.
- Dorsch, F. (1987). *Psychologisches Wörterbuch. (11. ergänzte Auflage.)*. Bern: Huber.
- Fairclough, S. & Maternagan, M. (1993). Changes in drivers visual behavior due to the introduction of complex versus simple route navigation information. In D. Brogan, A. Gale & K. Carr (Hrsg.). *Visual search 2* (S. 419-431). London: Taylor & Francis.
- Färber, B. (1987). *Geteilte Aufmerksamkeit: Grundlagen und Anwendung im motorisierten Straßenverkehr*. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Fastenmeier, W. (1995). *Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme*. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- Freiling, E. & Hoyos, C. Graf (1978). *Fragebogen zur Arbeitsanalyse (FAA)*. Bern: Huber.

- Geiser, G. (1997). *Ältere Benutzer und neuere Informationssysteme im Personenverkehr*. 3. VDI/BMW Gemeinschaftstagung "Der Mensch im Verkehr", München, 30./31.01.97, München. VDI Berichte 1317, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1997, S. 245 - 259
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (1995). *Definition und Validierung von Kriterien für die Ablenkungswirkung von MMI-Lösungen*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichtes Diskussionspapier.
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (1996). *Definition und Validierung von Kriterien für die Ablenkungswirkung von MMI-Lösungen*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichtes Diskussionspapier.
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (1997). *Wie gehen Autofahrer mit zusätzlicher Belastung durch MMI um?* Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichtes Diskussionspapier.
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (1998). *Ablenkungskritische Situationen: Theoretische Konzepte und praktische Hinweise*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Endbericht.
- Hale, A.R., Stroop, J. & Hommels, J. (1990). Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transportation systems. *Ergonomics*, 33, 1377-1387.
- Hankey, J. M., Dingus, T. A., Hanowski, R. J., Wierwille, W. W., Monk, C. A. & Moyer, M. J. (2000). The Development of a Design Evaluation Tool and Model of Attention Demand. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/8.pdf>, Mai 2002.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.), *Human Mental Workload* (S. 139-183). Amsterdam: North-Holland.
- Hella, F. (1987). Is the analysis of eye movements recording a sufficient criterion for evaluating automobile instrument panel design? In J. K. O'Regan & A. Lévy-Schoen (Hrsg.), *Eye Movements: From Physiology to Cognition* (S. 555-561). Amsterdam: Elsevier.
- James, W. (1890). *The principles of Psychology*. New York: Holt.
- Janssen, W. H. (1979). *Routeplanning en geleiding: een literatuurstudie* (Rapport IZF1979-C13). TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Johannsen, G. (1990). Fahrzeugführung. In C. Graf Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Band D/III/2* (S. 426 - 454). Göttingen: Ingenieurpsychologie Hogrefe-Verlag.
- Johannsen, G. (1993). Fahrzeugführung/Überwachung von Verkehrskontroll- und Datenkommunikationssystemen. In G. Johannsen (Hrsg.), *Mensch-Maschine-Systeme* (S. 75-85). Berlin: Springer-Verlag.
- Käding, W. (1995). The Advanced Daimler-Benz Driving Simulator. *SAE Technical Paper Series*, No. 9530012.



- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Kebeck, G., Cieler, S. & Pohlmann, S. (1997). *Vergessene Ergonomie*. Münster: Lit Verlag.
- Kuhn, P. (2000). *Blickverhalten bei visueller Ablenkung im Kraftfahrzeug: Eine Evaluation paralleler versus sequentieller Informationsdarbietung in einem Multifunktionsdisplay*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Maltz, M. & Shinar, D. (1999). Eye Movements of Younger and Older Drivers. *Human Factors*, 41, 15-25.
- Martens, M.H. & van Winsum, W. (2000). *Measuring distraction: the Peripheral Detection Task*. Verfügbar unter: [www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/34.PDF](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/34.PDF), Mai 2002.
- Mercedes-The Magazine for People on the Move (1996). *The Daimler-Benz Driving Simulator*. Daimler-Benz AG, Berlin.
- Mitchon, J.A. (1985). A Critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do?. In L. Evans & R.C. Schwing (Hrsg.), *Human behavior and traffic safety* (S. 485-520). New York: Plenum Press.
- Moss, S. A. & Triggs, T. J. (1997). Attention Switching Time: A Comparison Between Young and Experienced Drivers. In: Y. I. Noy (Hrsg.) *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces. Human factors in transportation* (S. 381-392). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mourant, R. R., Tsai, F., Al-Shihabi, T. & Jaeger, B. K. (2000). *Divided Attention Ability of Young and Older Drivers*. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/9.pdf>, Mai 2002.
- Mulder, G. (1980). The heart of mental effort. Doctoral Dissertation, University of Groningen, Groningen, The Netherlands.
- National Highway Traffic Safety Administration (2000). *An Investigation of the Safety Implications of Wireless Communications in Vehicles*. Verfügbar unter: <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/research/wireless/>, Mai 2000.
- Nieminen, T., & Summala, H. (1994). Novice and experienced drivers' looking behavior and primary task control while doing a secondary task. In *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society. Part 2 (of 2)*, 852-856.
- Norman, D. A. & Bobrow, D. (1975). On data-limited and resource-limited processing. *Journal of Cognitive Psychology*, 7, 44-60.
- Norušis, M. J. (1994). *SPSS für Windows, Anwenderhandbuch für das Base System, Version 6.0*. SPSS GmbH Software, München.
- Noy, I. Y. (1996). Sehtest für ältere Fahrer. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 42, 176-178.

- O'Donnell, R.D. & Eggemeier, F.T. (1986). Workload assessment methodology. In K.R. Boff, L. Kaufman & J.P. Thomas (Hrsg.), *Handbook of perception and human performance. Volume II, cognitive processes and performance* (S. 42/1-42/49). New York: Wiley.
- Olsson, S. & Burns, P. C. (2000). Measuring Driver Visual Distraction with a Peripheral Detection Task. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/6.pdf>, Mai 2002.
- Otte, D., Kühnel, A., Suren, E.G., Weber, H., Gotzen, L., Schockenhoff, G. & van Han, V. (1982). Erhebungen am Unfallort. *Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, HEFT 37*. BAST, Bergisch Gladbach.
- Parkes, A.M. (1991). Data capture techniques for RTI usability evaluation. In Commission of the European Communities, *Advanced telematics in road transport, Proceedings of the DRIVE conference* (S. 1440-1456). Amsterdam: Elsevier.
- Podgorny, P. & Garner, W. (1979). Reaction time as a measure of inter-and intra-object visual similarity: Letters of the alphabet. *Perception & Psychophysics*, 26, 37-52.
- Ranney, T.A., Mazzae, E., Garrott, R. & Goodman, M.J. (2000). *NHTSA Driver Distraction Research: Past, Present, and Future*. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/233.pdf>, Mai 2002.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, knowledge: signals, signs and symbols and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions: Systems, Man & Cybernetics, SMC-13*, 257-267.
- Rasmussen, J. (1986). *Information Processing and Human-Machine Interaction*. Amsterdam: North-Holland.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. New York: Cambridge University Press.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J. & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction?. *Ergonomics*, 33, 1315-1332.
- Renner, G. J. (1995). *Fahrzeugführung unter kognitiver Belastung - Eine Simulationsstudie*. Unveröffentlichte Dissertation, RWTH Aachen.
- Rockwell, T. H. (1988). Spare Visual Capacity in Driving – Revisited: New Empirical Results for an Old Idea. In A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. Smith, S. P. Taylor (Hrsg.) *Vision in Vehicles II* (S. 317-324), Amsterdam: North Holland Press.
- Roscoe, A. H. (1992). Assessing pilot workload: Why measure heart rate, HRV, and respiration? *Biological Psychology*, 34, 259-288.
- Rumar, K. (1986). In-vehicle information systems. In M. A. Dorgham (Hrsg.), *Proceedings of the International Association for Vehicle Design*, 33-42.
- Rumar, K. (1990). The basic driver error: late detection. *Ergonomics*, 33, 1281-1290.

- Schneider, W. & Fisk, A. D. (1983). Attention theory and mechanisms for skilled performance. In R. Magill (Hrsg.), *Memory and control of action* (S.119-143). New York: North-Holland.
- Schneider, W. & Sprenger, A. (1998a). *Ablenkung durch MMI-Lösungen. Eine Literaturübersicht zu Kriterien der Ablenkungswirkung durch Informationsaufnahme im Fahrzeug*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Bericht.
- Schneider, W. & Sprenger, A. (1998b). *Ablenkung durch MMI-Lösungen. Hinweise aus dem Unfallgeschehen. Auswertung von Unfällen im Straßenverkehr zur Ermittlung von Kriterien der Ablenkungswirkung durch Informationssysteme im Kraftfahrzeug*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Bericht
- Schweigert, M. (1998). *Zwischenbericht TU München*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichtes Diskussionspapier.
- Serafin, C. (1994). *Driver Eye Fixation on Rural Roads: Insight into Safe Driving Behavior. Technical Report UMTRI-94-21*. Ann Arbor: University of Michigan Transportation Research Institute.
- Sivak, M. (1995). Vision, perception, and attention of older drivers. *UMTRI Research Review*, 26, 7-10.
- Sprenger, A. (1997). *Nutzbares Sehfeld*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Bericht.
- Sprenger, A. (1998). *Ablenkung durch MMI-Lösungen. Der Blick zu Instrumenten im Fahrzeug als Unfallursache*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichter Bericht.
- Summala, H. (1994). *Automatization, automation, and control of attention among car drivers*. Paper presented at the First Automation Technology and Human Performance Conference, 7-9 April, Washington, DC.
- Summala, H., Lamble, D. & Laakso, M. (1998). Driving Experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 401-407.
- Theofanou, D. (1999, June). *Distraction caused by visual and auditory information*. Paper presented at the Vehicle Electronic Systems - European Conference and Exhibition, Coventry, UK.
- Tijerina, L. (2000). *Issues in the Evaluation of Driver Distraction Associated with In-Vehicle Information and Telecommunications Systems*. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/3.pdf>, Mai 2002.
- Tijerina, L., Parmer, E. B. & Goodman, M. J. (2000). *Driver Workload Assessment of Route Guidance System Destination Entry While Driving: A Test Track Study*. Verfügbar unter: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/10.pdf>, Mai 2002.

- Toaka, G. T. (1990). Duration of Drivers' Glances at Mirrors and Displays. *ITE Journal*, 60, 35-39.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Tsang, P. S. & Wilson, G. B. (1997). Mental workload measurement and analysis. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of human factors and ergonomics* (2. Aufl., S. 417-449). New York: Wiley & Sons.
- Tullis, T. S. (1981). An Evaluation of Alphanumeric, Graphic, and Color Information Displays. *Human Factors*, 23, 541-550.
- Tullis, T. S. (1983). The formatting of alphanumeric Displays: A Review and Analysis. *Human Factors*, 25, 657-682.
- Undeutsch, U. (1962). Ergebnisse psychologischer Untersuchungen am Unfallort. *Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 1087*. Köln: Westdeutscher Verlag.
- Undeutsch, U. (1965). Verkehrsteilnehmergruppen und Verkehrserziehungsmittel. *Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen*.
- Van der Heijden, A. H. C., Malhas, M. S. M. & van den Roovaart, B. P. (1984). An empirical interletter confusion matrix for continuous-line capitals. *Perception & Psychophysics*, 35, 85-88.
- Verwey, W. & Janssen, W. H. (1988). Route following and driving performance with in-car route guidance systems. *IZF-Report C-14*, TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Verwey, W. (1990). Adaptable driver-car interfacing and mental workload: a review of the literature. *DRIVE Project V1041*. Deliverable report GIDS/DIA/1.
- Verwey, W. (1996a). Evaluating safety effects of in-vehicle information systems (IVIS). A field experiment with traffic congestion information systems (RDS-TMC) and preliminary guidelines for IVIS. *TNO-Report TM-96-C068*. TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Verwey, W. (1996b). Evaluating safety effects of in-vehicle information systems. Testing the method. *TNO-Report TM-96-C067*. TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Verwey, W. (1996c). Evaluating safety effects of in-vehicle information systems (IVIS). A detailed research proposal. *TNO-Report TM-96-C045*. TNO Institute for Perception, Soesterberg.
- Verwey, W., Brookhuis, K. A. & Janssen, W. H. (1996). Safety effects of in-vehicle information systems. *TNO-Report TM-96-C002*. TNO Institute for Perception, Soesterberg.

- Violanti, J. M. (1998). Cellular phones and fatal traffic collision. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 519-524.
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Hrsg.). *Varieties of attention* (S. 63-102). New York: Academic Press.
- Wierwille, W. W. & Eggemeier, F. T. (1993). Recommendations for Mental Workload Measurement in a Test and Evaluation Environment. *Human Factors*, 35, 263-281.
- Wierwille, W. W. & Tijerina, L. (1995). Eine Analyse von Unfallberichten als ein Mittel zur Bestimmung von Problemen, die durch die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit und der visuellen Belastung innerhalb des Fahrzeugs verursacht werden. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 41, 164-168.
- Wierwille, W. W. & Tijerina, L. (1997). Darstellung des Zusammenhangs zwischen der visuellen Beanspruchung des Fahrers im Fahrzeug und dem Eintreten eines Unfalls. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 43, 67-74.
- Wierwille, W. W. (1992). Ein erstes Modell zur Frage: Wie erfassen Fahrer visuelle Informationen aus fahrzeugeigenen Anzeigen? In K. W. Reinschild (Hrsg.), *Bewertung von Windschutzscheiben, Anzeige- und Blickregistrierungstechniken. Aspekte der Verkehrssicherheit*. (S. 81-96). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Wierwille, W. W., Antin, J. F., Dingus, T. A. & Hulse, M. C. (1988). Visual attentional demand of an in-car navigation display system. In A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. Smith, S. P. Taylor (Hrsg.) *Vision in Vehicles II*. (S. 307-316). Amsterdam: North Holland Press.
- Wikman, A.-S., Nieminen, T. & Summala, H. (1998). Driving Experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics*, 41(3), 358-372.
- Wilson, G. F. & O'Donnell, R. (1988). Measurement of Operator Workload with Neuropsychological Workload Test Battery. In P. Hancock, P. & N. Meshkati (Hrsg.), *Human Mental Workload* (S. 63-100). Amsterdam: North-Holland.
- Wilson, G.F. & Eggemeier, F.T. (1991). Psychophysiological assessment of workload in multi-task environments. In D.L. Damos (Hrsg.), *Multiple-task performance* (S. 329-360). London: Taylor & Francis.
- Witkin, H. A., Oltman, P. K., Raskin, E. & Karp, S. A. (1971). *Embedded Figures Test*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, Inc.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided search 2.0. A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 202-238.
- Woodson, W. E., Conover, D. W., Miller, G. E. & Selby, P. H. (1969). *Instrument and control location, accessibility and identification*. Report Nr. MF1-69-106. San Diego, CA: Man Factors Inc.

- Zimmer, A. (1998). *Definition und Validierung von Kriterien für die Ablenkungsauswirkung von MMI-Lösungen*. Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichtes Diskussionspapier.
- Zwahlen, H. T. (1985). Driver Eye Scanning, the Information Acquisition Process and Sophisticated In-Vehicle Information Displays and Controls. *Ergonomics International '85 Proceedings* (S. 508-510). London: Taylor and Francis.
- Zwahlen, H. T., Adams, C.C. Jr. & DeBald, D. P. (1988). Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. Smith, S. P. Taylor (Hrsg.) *Vision in Vehicles II* (S. 335-344). Amsterdam: North Holland Press.

**Anhang**

**Anhang 1 Liste der Trials bei niedrig- und hoch-komplexer Sekundäraufgaben-  
bedingung**

Niedrig-komplexe Sekundäraufgaben-Bedingung

Steinfeld Ismaringen 13:28 21:52 Moers Iserlohn 18:23 22:14 Tübingen Althütte 04:28 11:34 München Ostfeld 16:22 18:09 Jettingen Passau 10:37 14:12 Aidlingen Erlau 00:02 09:23 Ingersheim Eisenach 09:06 12:53	Miesbach Laasdorf 10:09 11:07 Achern Eisenach 15:29 20:29 Falkensee Paderborn 17:12 18:51 Köln Langen 04:28 13:46 Jettingen Füssen 06:22 23:09 Ostfeld München 11:31 17:12 Karlsruhe Landsberg 12:47 14:52
Eisenach Althütte 14:28 19:35 Ostfeld München 09:41 13:16 Leutkirch Troisdorf 13:17 15:22 Köln Aurich 11:59 12:43 Passau Frankfurt 20:17 21:06 Stolper Jesteburg 13:34 16:07 Owen Rauenberg 00:16 08:15	Leutkirch Eitorf 22:11 23:34 Pirmasens Lemwerden 06:22 09:23 Trier Ihringen 10:46 18:51 Immenstadt Althütte 04:28 11:07 Ostfeld München 07:31 09:17 Eisenach Regensburg 23:09 10:46 Obertshausen Tübingen 16:07 17:34
Landau Jena 10:17 18:35 Aalen Wetzlar 11:59 12:43 Ostfeld München 13:34 16:07 Olching Füssen 20:17 21:06 Frankfurt Appenweier 09:41 13:16 Passau Reger 00:16 08:15 Eschenburg Altmannstein 14:28 19:35	Köln Aurich 11:59 12:43 Stolper Jesteburg 13:34 16:07 Eisenach Althütte 09:41 13:16 München Ostfeld 22:28 01:35 Passau Rauenberg 0:16 08:15 Olpe Frankfurt 20:17 21:06 Leutkirch Troisdorf 13:17 15:22

<p>Rothenburg Lichtenberg 17:37 19:33  Leutkirch Troisdorf 13:17 15:22  Frankfurt Oberwesel 20:17 21:06  Abensberg Regensburg 11:59 12:43  Jesteburg Stolper 13:34 16:07  München Ostfeld 08:41 12:16  Eitorf Althütte 11:08 12:35</p>	<p>Stuttgart Lenggries 09:23 11:07  München Ostfeld 20:29 21:52  Althütte Tübingen 13:28 18:51  Mainz Ismaringen 22:14 04:28  Ihringen Regensburg 10:37 11:34  Jettingen Passau 10:46 17:12  Erlau Paderborn 06:22 08:31</p>
<p>Laasdorf Forchheim 17:12 20:29  Jettingen Murg 22:09 00:09  Paderborn Amorbach 15:29 22:31  Ostfeld München 04:28 08:46  Reinburg Bonn 09:16 11:20  Starnberg Aalen 08:02 13:51  Falkensee Eisenach 09:23 14:12</p>	<p>Immenhof Lemwerder 09:56 11:23  Ingolstadt Eisenach 11:07 15:29  Regensburg Langen 06:22 20:29  Oelde Aachen 09:23 17:12  Paderborn Essen 04:28 13:46  Ostfeld München 10:09 18:51  Adelsdorf Falkensee 08:31 10:46</p>
<p>Jesteburg Stolper 13:34 16:07  Passau Reger 0:16 08:15  Ostfeld München 09:41 13:16  Eitorf Althütte 11:08 12:35  Frankfurt Oelde 20:17 21:06  Leutkirch Troisdorf 13:17 15:22  Abensberg Regensburg 11:59 12:43</p>	<p>Iserlohn Troisdorf 12:37 20:53  Erlau Jetten 08:31 09:23  Paderborn Althütte 04:28 10:46  Merzig Ihringen 06:22 10:46  München Ostfeld 12:17 14:59  Regensburg Immenstadt 16:07 23:09  Appenweier Fuhlendorf 04:33 07:23</p>
<p>Passau Reger 0:16 08:15  Ostfeld München 08:34 11:07  Frankfurt Appenweier 09:41 13:16  Aalen Sulz 11:59 12:43  Eschenburg Altmannstein 14:28 19:35  Freisen Olsberg 20:17 21:06  Linkenheim Tuttlingen 13:17 15:22</p>	<p>Milow Laasdorf 09:23 11:07  Eisenach Ingolstadt 10:09 17:12  Achern Regensburg 10:46 18:51  Köln Paderborn 04:28 13:46  Ostfeld München 21:22 23:31  Falkensee Langen 20:29 23:09  Jettingen Füssen 15:29 17:12</p>



## Anhang 1

<p>Laasdorf Falkensee 08:31 15:29          Langen Eisenach 11:07 20:29          München Ostfeld 06:22 09:23          Essen Ingolstadt 18:51 23:09          Paderborn Owen 04:29 13:46          Files Achern 10:46 17:12          Jettingen Regensburg 10:09 17:12</p>	<p>Jesteburg Obersulm 13:34 16:07          Aurich Regensburg 11:59 12:43          Köln Stuttgart 21:17 23:06          Ostfeld München 09:41 13:16          Leutkirchen Troisdorf 11:08 12:35          Eitorf Althütte 13:17 15:22          Frankfurt Furth 0:16 08:15</p>
<p>Frankfurt Furth 0:16 08:15          München Ostfeld 14:34 16:07          Frankfurt Furth 0:16 08:15          Trier Stuttgart 20:17 23:06          Mohsdorf Regensburg 11:59 12:43          Leutkirchen Troisdorf 11:08 12:35          Eitorf Althütte 13:17 15:22</p>	<p>Aidlingen Meyn 04:28 09:31          Erlau Paderborn 13:28 21:52          Tübingen Althütte 18:51 20:29          Passau Lenggries 17:12 19:34          Jettingen Ismaringen 10:46 11:07          München Ostfeld 05:23 09:37          Iserlohn Stuttgart 06:22 22:11</p>
<p>Laasdorf Falkensee 08:31 15:29          Langen Eisenach 10:09 17:12          München Ostfeld 23:22 02:23          Paderborn Köln 04:28 13:46          Murnau Ingolstadt 18:51 23:09          Füssen Achern 10:46 17:12          Jetzendorf Regensburg 11:07 20:29</p>	<p>Reutlingen Karlsruhe 12:31 18:23          Eisenach Achern 11:07 17:12          Meissen Langen 06:22 17:12          Forchheim Starnberg 04:28 13:46          München Ostfeld 18:46 21:29          Regensburg Paderborn 10:09 23:09          Landsberg Reger 09:23 11:23</p>
<p>Leutkirch Eitorf 19:23 21:56          München Ostfeld 00:41 03:16          Eisenach Althütte 16:13 18:48          Passau Reger 0:16 08:15          Fuhlendorf Merzig 20:17 21:06          Aurich Bonn 11:59 12:43          Linkenheim Traunstein 13:17 15:22</p>	<p>Lenggries Erlau 11:34 14:12          Steinfeld Paderborn 13:28 21:58          Passau Iserlohn 06:22 10:09          Althütte Mainz 09:23 10:37          Jena Aidlingen 10:46 11:56          Ostfeld München 18:23 22:14          Ismaringen Tübingen 00:02 04:28</p>

Füssen Reger 00:21 08:18 Eisenach Aalen 04:28 09:35 Ostenfeld München 14:38 16:09 Albertshausen Wetzlar 11:59 12:43 Linkenheim Troisdorf 13:17 15:22 Obersulm Fernwald 20:17 21:06 Meissen Laasdorf 07:11 11:56	Füssen Reger 00:16 08:15 Eisenach Aalen 04:28 09:35 Ostenfeld München 14:38 16:09 Albershausen Wetzlar 11:59 12:43 Linkenheim Troisdorf 13:17 15:22 Obersulm Fernwald 20:17 21:06 Meissen Laasdorf 07:11 11:56
Regensburg Immenstadt 16:07 23:09 Olching Passau 11:07 17:34 Tübingen Lemwerden 18:51 21:52 Merzig Ihringen 06:22 10:46 München Ostenfeld 13:17 14:59 Erlau Jetten 08:31 09:23 Paderborn Althütte 04:28 10:46	Füssen Reger 0:16 08:15 Ostenfeld München 20:38 23:09 Passau Jena 09:41 13:16 Albershausen Wetzlar 11:59 12:43 Eisenach Aalen 04:28 09:35 Oelde Fernwald 20:17 21:06 Linkenheim Troisdorf 13:17 15:22
Linkenheim Teklenburg 13:17 15:22 Passau Reger 0:16 08:15 Fuhlendorf Olfen 20:17 21:06 München Ostenfeld 02:41 04:16 Jever Stolper 14:28 19:35 Eisenach Althütte 16:13 18:48 Aurich Bonn 11:59 12:43	Aalen Jettingen 09:16 11:20 Falkensee Ockholm 09:23 20:29 Reinburg Bonn 22:32 00:09 Eisenach Paderborn 13:51 22:09 München Ostenfeld 16:02 19:12 Amorbach Forchheim 08:46 15:29 Starnberg Laasdorf 04:28 17:12
Jettingen Paderborn 08:31 15:29 Mohsdorf Köln 11:07 17:12 Langen Eisenach 10:09 17:58 Laasdorf Regensburg 04:28 09:23 Füssen Ingolstadt 13:41 15:47 München Ostenfeld 17:17 19:54 Recklingen Leutkirch 18:51 23:09	Althütte Eisenach 11:56 14:48 Olingshausen Frankfurt 20:17 21:06 Füssen Jena 09:41 13:16 Regenstauf Polterdorf 10:01 11:07 Ostenfeld München 06:35 09:17 Starnberg Langen 11:36 17:42 Augsburg Wetzlar 16:28 20:44

## Anhang 1

Hoch-komplexe Sekundäraufgaben-Bedingung (Hinweis: die im Versuch mit der Farbe magenta gekennzeichneten Invaliden Cues sind hier Fett dargestellt)

Straubing	Köln	12:33	13:45	Taunus	Fuhlendorf	04:28	07:17
Ilsede	Ostfildern	09:23	11:34	Piding	Mönchen	10:09	17:12
Mühldorf	Taunus	11:07	21:52	Iserlohn	<b>Münster</b>	09:23	16:07
München	Ostenfeld	17:12	20:29	Tübingen	Würzburg	23:09	02:39
Ostenholz	Lenggries	08:31	10:39	Aurich	Osterholz	10:37	12:47
Mönchen	Eisenach	18:51	22:14	Osterode	Erlau	23:45	04:28
<b>Nürnberg</b>	Trarbach	10:18	13:28	Ostenfeld	München	14:29	17:31
Althütte	Osterhever	04:29	05:39	Althütte	Osterhofen	11:34	14:55
Eitorf	Stolper	20:38	22:29	Köln	Troisdorf	03:28	05:29
Eslau	Achern	11:07	13:27	Trier	Aalen	10:46	16:01
Furth	Mönchen	0:16	08:15	München	Ostenfeld	09:23	11:34
Traunstein	Osterhever	00:29	05:02	Nürnberg	Troisdorf	06:22	10:37
Ostenfeld	München	16:14	19:36	Althütte	Osterhever	17:12	20:29
Lorsch	<b>Osnabrück</b>	00:17	09:31	Ostfildern	Trarbach	13:16	16:07
Althütte	Münster	11:08	12:35	Lemwerder	Mönchen	18:51	22:14
Reinburg	Mühltal	12:43	17:27	Iserlohn	<b>Mühldorf</b>	13:28	21:52
Ostfildern	Iggensbach	09:06	13:34	Eisenach	Osterholz	04:28	08:31
Linkenheim	Köln	07:28	09:37	Bonn	Aachen	07:21	09:01
Falkensee	Straubing	22:05	23:54	Jettingen	Trier	07:32	10:41
Ostfildern	Stolper	13:34	16:07	<b>Osterode</b>	Erlau	23:45	04:28
Mühldorf	Passau	12:16	15:35	Appenweier	Osterhofen	13:47	17:18
Aalen	Osterhever	10:59	11:43	Tübingen	Nürnberg	23:09	08:31
München	Ostenfeld	15:17	20:06	Aalen	Osterholz	10:09	11:35
<b>Mönchen</b>	Linkenheim	19:41	23:16	Ostenfeld	München	18:29	20:35
Osterhofen	Eisenstadt	04:28	09:15	Piding	Mönchen	10:27	17:12
Würzburg	Trier	13:17	15:22	Ihlow	Münster	12:01	16:07
Furth	Leutkirch	16:33	19:45	Regenstauf	Lassdorf	17:58	20:01

Aurich	Stolper	03:42	07:01	Falkensee	Traunstein	11:28	16:38
Passau	Osterode	11:34	15:29	München	Ostenfeld	00:02	03:41
München	Ostenfeld	17:12	19:56	Osterholz	Troisdorf	09:23	12:51
Ismaringen	Würzburg	08:46	10:37	Mühlendorf	Iserlohn	17:36	20:29
Münster	Erlau	15:29	19:41	<b>Ostfildern</b>	Eisenach	10:37	16:07
<b>Mönchen</b>	Althütte	23:09	04:21	Lemwerder	Mönchen	11:34	22:17
Aidlingen	Osterhofen	10:09	15:37	Nürnberg	Althütte	13:28	21:52
Osterholz	Tübingen	09:23	11:07	Trarbach	Osterhever	04:16	08:36
Fernwald	Langen	17:36	18:51	Esslingen	Immenstadt	22:34	02:13
Eppendorf	Linkenheim	14:52	18:44	Reckendorf	Albershausen	23:24	05:55
Tübingen	Mönchen	17:01	17:56	<b>Mühltal</b>	Starnberg	11:14	23:17
Ismaringen	Münster	11:34	16:07	Linkenheim	Osnabrück	24:17	09:31
Passau	Würzburg	23:09	23:45	Ilse	Ostfildern	09:06	13:34
Osterode	Aidlingen	10:37	13:28	München	Ostenfeld	07:41	09:16
München	Ostenfeld	08:31	13:46	Murr	Trier	12:26	15:45
Althütte	Osterhofen	15:29	21:55	Althütte	Münster	11:08	12:35
Erlau	<b>Osterholz</b>	09:23	17:34	Osterhever	Troisdorf	07:29	15:22
Troisdorf	Frankfurt	23:28	02:36	Eitorf	Kaufbeuren	10:13	14:22
Forchheim	Köln	15:15	17:38	Troisdorf	Ansbach	14:12	16:43
Osterhofen	Eisenstadt	04:28	09:15	Ihlow	<b>Münster</b>	12:01	16:07
Ostenfeld	München	15:17	20:06	Osterode	Erlau	23:45	04:28
Mühlendorf	Passau	12:16	15:35	Piding	Mönchen	10:27	17:12
<b>Ostfildern</b>	Stolper	13:34	16:07	Aalen	Osterholz	10:09	11:35
Würzburg	Trier	13:17	15:22	Appenweier	Osterhofen	13:47	17:18
Linkenheim	Mönchen	19:41	23:16	Ostenfeld	München	12:29	15:35
Aalen	Osterhever	10:59	11:43	Tübingen	Osnabrück	23:09	08:31
Jena	Eitorf	18:51	22:14	Althütte	Bonn	11:18	17:27
Taunus	Ilse	07:24	16:49	Regensburg	Bangen	09:41	13:16
Osterstedt	Amorbach	04:26	10:05	Trarbach	Taunus	13:27	21:00
Friedberg	Osterholz	09:03	19:01	Althütte	Osterhever	17:12	20:29
<b>Münster</b>	Köln	11:51	18:25	Ostfildern	Lenggries	09:23	10:37
Fulda	Osnabrück	15:29	17:34	Mönchen	Ilse	18:51	22:14
München	Ostenfeld	21:55	06:33	<b>Nürnberg</b>	Eisenach	04:28	08:23
Lemwerder	Mönchen	10:08	14:36	Ostenfeld	München	01:40	04:38
Mühltal	Riedenburg	06:31	10:09	Füssen	Aalen	20:17	21:57
Eisenach	Aalen	12:35	15:15	Ilse	Passau	16:21	21:13

## Anhang 1

Eschenburg	Linkheim	03:28	11:50	Aachen	Linkenheim	18:51	2309
Trarbach	Ilsede	06:22	11:34	Ostenfeld	München	18:29	19:34
Mühdorf	Taunus	13:29	18:17	Passau	<b>Mönchen</b>	10:09	17:12
Althütte	Osterhever	17:12	20:29	Ismaringen	Münster	09:23	16:07
<b>Ostfildern</b>	Lenggries	09:23	10:37	Tübingen	Würzburg	23:09	08:34
Mönchen	Bonn	18:51	22:17	Aidlingen	Osterholz	10:37	13:46
Nürnberg	Eisenach	04:28	08:31	Osterode	Erlau	23:45	04:17
München	Ostenfeld	07:46	11:07	Althütte	Osterhofen	11:34	21:55
Trier	Jettingen	19:13	22:47	Füssen	Langen	10:46	11:57
Bonn	Aachen	07:47	10:01	Füssen	Jettingen	02:34	04:56
Ilsede	Ostfildern	09:06	13:34	Mönchen	Erlau	04:28	11:23
Mühlthal	Starnberg	11:14	23.17	Osterholz	Ismaringen	16:07	23:45
Linkenheim	<b>Osnabrück</b>	24:17	09:31	Aalen	Osterode	08:31	10:37
Althütte	Münster	11:08	12:35	<b>Würzburg</b>	Tübingen	10:46	23:09
Osterhever	Troisdorf	07:29	15:22	Ostenfeld	München	10:09	17:35
München	Ostenfeld	09:41	13:16	Osterhofen	Aidlingen	15:29	21:01
Mönchen	Furth	06:16	08:15	Passau	Münster	09:23	11:34
Passau	Eggenheim	20:17	21:06	Rheine	Leutkirch	08:22	13:56
Ebelsbach	Ingelheim	08:09	12:17	Lenggries	Trarbach	11:34	17:12
Münster	Althütte	09:23	17:18	Taunus	<b>Mühdorf</b>	13:28	21:52
Iserlohn	Würzburg	08:31	15:29	Ostenfeld	München	19:51	22:29
Tübingen	<b>Osterhofen</b>	21:55	23:09	Nürnberg	Eisenach	06:22	09:23
Ostenfeld	München	11:37	13:46	Althütte	Osterhever	04:28	10:37
Osterode	Piding	09:36	11:20	Ostfildern	Fuhlendorf	20:00	22:14
Erlau	Mönchen	10:09	16:07	Traunstein	Osnabrück	13:14	16:37
Aurich	Osterholz	17:34	22:31	Ilsede	Mönchen	10:46	17:39
Eisenach	Jever	20:13	22:12	Bonn	Ismaringen	08:31	11:07
Erlau	Regensburg	13:47	17:47	Frankfurt	Starnberg	06:17	13:25
Köln	Osterholz	11:51	18:25	Mühdorf	Apolda	12:16	15:35
Mühlthal	Riedenburg	06:31	10:09	Osterholz	Stromberg	15:34	16:07
München	Ostenfeld	15:29	17:34	Troisdorf	Würzburg	03:45	10:12
Lemwerder	Mönchen	10:08	14:34	Ostenfeld	München	10:59	11:43
<b>Münster</b>	Friedberg	09:31	19:01	Althütte	Osterhever	13:17	22:06
Fulda	Osnabrück	21:55	06:33	Entenheim	Osnabrück	07:38	11:15
Osterstedt	Amorbach	04:26	10:02	Landau	<b>Mönchen</b>	10:41	13:16
Piding	Aachen	23:45	03:17	Reger	Steingaden	03:17	05:22

Jesteburg	Kierspe	17:10	23:19	Langen	Straubing	16:26	18:46
Ostenfeld	München	05:09	09:29	Trier	Würzburg	13:17	15:22
Mönchen	Aalen	10:46	17:12	Passau	Mühldorf	12:16	15:35
Osterholz	Tübingen	16:07	23:45	Ostfildern	Stemwede	13:34	16:07
Würzburg	Ismaringen	08:31	10:37	Aurich	<b>Osterhever</b>	10:59	11:43
Erlau	Osterode	23:09	04:28	Linkenheim	Mönchen	19:41	23:16
Münster	Aidlingen	17:34	21:55	Ostenfeld	München	14:17	20:06
<b>Osterhofen</b>	Passau	09:23	11:34	Eisenach	Osterhofen	04:28	09:15
Alttert	Regenstauf	00:01	11:23	Reutlingen	Elsau	12:43	15:15
Redwitz	Steingaden	09:56	14:23	Iserlohn	Flensburg	08:50	10:40
Traunstein	<b>Osterhever</b>	00:29	05:02	<b>Osterholz</b>	Aidlingen	16:08	23:45
Lorsch	Osnabrück	24:17	09:31	Mönchen	Tübingen	04:21	06:45
Ostenfeld	München	07:14	09:36	Münster	Erlau	15:29	21:55
Ostfildern	Iggensbach	09:06	13:34	Osterode	Passau	10:37	17:12
Reinburg	Mühlital	12:43	17:27	Althütte	Osterhofen	08:31	09:32
Furth	Mönchen	0:16	08:15	Ismaringen	Würzburg	11:34	23:09
Althütte	Münster	11:08	12:35	Ostenfeld	München	19:09	21:34
Ismaning	Kamen	11:54	20:09	Gummerbach	Freising	11:45	23:22
Althütte	Landau	10:41	13:47	Piding	Iserlohn	22:55	23:58
Nürnberg	Steingaden	03:17	05:22	Aurich	Osterhever	10:59	11:43
Ostenfeld	München	13:17	17:06	Passau	Mühldorf	10:16	18:15
Landau	Mönchen	10:41	13:16	Würzburg	Troisdorf	13:17	15:22
Engelskirchen	Osnabrück	07:38	11:15	Osterhofen	Eisenach	04:56	09:23
Althütte	Osterhever	10:59	11:43	Ostfildern	Stolper	13:34	16:07
<b>Osterholz</b>	Schrobehausen	15:34	16:07	München	Ostenfeld	16:17	20:06
Mühldorf	Apolda	12:16	15:35	Leutkirch	<b>Mönchen</b>	19:41	23:16
Steinhagen	Emden	09:56	11:27	Linnich	Trarbach	21:45	22:59
Füssen	Jesteburg	23:14	03:25	Frankfurt	Appenweier	09:41	13:16
Nürnberg	Althütte	10:37	17:12	Nürnberg	Troisdorf	06:22	10:37
Troisdorf	Osterholz	09:23	20:29	Althütte	<b>Osterhever</b>	17:12	20:29
München	Ostenfeld	06:22	11:34	Ostfildern	Trarbach	13:46	16:07
Ostfildern	Eisenach	13:46	16:08	Lenggries	Mönchen	18:51	22:14
Iserlohn	Mönchen	08:31	22:14	Mühldorf	Iserlohn	13:28	21:52
Mühldorf	Lenggries	18:51	21:52	Eisenach	Osterholz	01:25	06:28
Iserlohn	<b>Osterhever</b>	04:23	11:25	München	Ostenfeld	09:23	11:34
Trarbach	Althütte	07:30	09:45	Füssen	Reger	00:16	08:16

**Anhang 2    Fahrerdemographische Merkmale**

<h2>Fahrerdemographische Merkmale</h2>
--

Die folgenden Fragen beziehen sich zum einen auf Ihre allgemeine Einstellung zum Autofahren und zum anderen auf verschiedene Daten im Zusammenhang mit Ihrer Person und Ihrer bisherigen Fahrpraxis.

1. Ich fahre gerne Auto:

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
	1	2	3	4	5	

2. Ich fahre mein Auto gelegentlich voll aus:

Stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
	1	2	3	4	5	

3. Mein Fahrstil wird von anderen (Freunden, Bekannten) beschrieben als

sportlich, rasant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ruhig, ausgeglichen
	1	2	3	4	5	

4. Wie beurteilen Sie Fahrzeuge, die Ihnen über eine große Anzahl von Anzeigen viele Informationen zur Verfügung stellen?

sehr schlecht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr gut
	1	2	3	4	5	

5. Telefonieren Sie beim Autofahren?

sehr oft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nie
	1	2	3	4	5	

6. Mein Interesse für Technik ist:

sehr gering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr groß
	1	2	3	4	5	

7. Fahrpraxis in Jahren: \_\_\_\_\_

8. Kilometer-Leistung 1997 (ungefähr): \_\_\_\_\_

9. Anzahl der Unfälle in den letzten 2 Jahren: \_\_\_\_\_

10. Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

11. Geschlecht:        männlich                      weiblich

12. Tragen Sie zum Autofahren eine Brille? \_\_\_\_\_

          wenn ja, welche Stärke                      Links \_\_\_\_\_ Rechts \_\_\_\_\_

## Anhang 3 Abschlußfragebogen

Abschlußfragebogen
--------------------

1. Wie leicht fiel Ihnen die Fahrt im Fahrsimulator?

sehr schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr leicht
	1	2	3	4	5	

2. Sind Sie im Simulator anders gefahren als mit Ihrem eigenen Pkw im Verkehr?

völlig anders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	absolut gleich
	1	2	3	4	5	

3. Könnten Sie sich eine Darstellung von Abfahrtsinformationen in der Form, wie Sie es gesehen haben, im Fahrzeug vorstellen?

eher ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	eher nein
	1	2	3	4	5	

4. Welche Variante hat Ihnen besser gefallen?

5. Was fanden Sie daran gut/schlecht?

6. Hat die Bearbeitung der Zugaufgabe Ihre Fahrleistung negativ beeinflusst?

gar nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr
	1	2	3	4	5	

7. Hat das Fahren die Bearbeitung der Zugaufgabe negativ beeinflusst?

gar nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr
	1	2	3	4	5	

8. Sonstige Kommentare:



Anhang 4 NASA-TLX

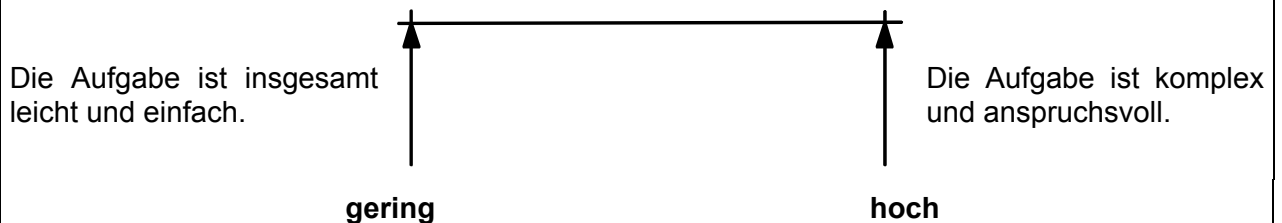
4. Gesamtfragen

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre **Versuchsfahrt**.

Unter "**Aufgabe**" soll die **Fahraufgabe**, d.h. das Lenken, Beschleunigen und Bremsen, sowie das Abstandhalten und Einhalten der Geschwindigkeitsbeschränkungen, verstanden werden.

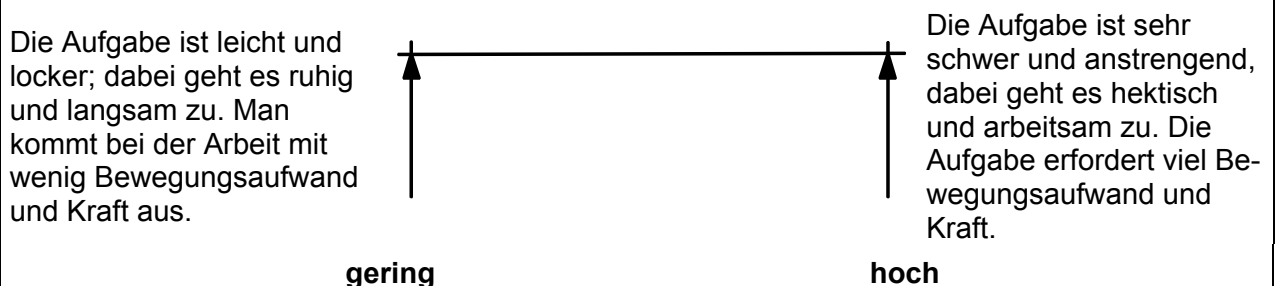
**1. Geistige Anforderung:**

In welchem Maß stellte die Aufgabe eine geistige Anforderung, also Denken, Entscheiden, Beobachten, dar?



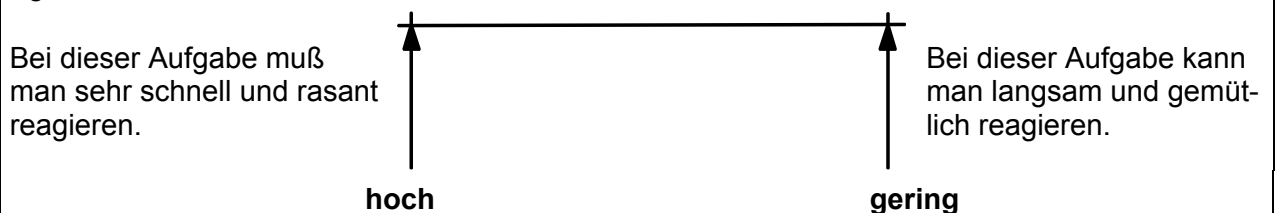
**2. Körperliche Anforderung:**

Wieviel körperliche Aktivität, also Lenken, Bremsen etc. ist erforderlich?



**3. Zeitliche Anforderung:**

Welchen Zeitdruck empfinden Sie aufgrund der Geschwindigkeitsanforderungen, die die Aufgabe stellt ?



**4. Aufgabenerfüllung:**

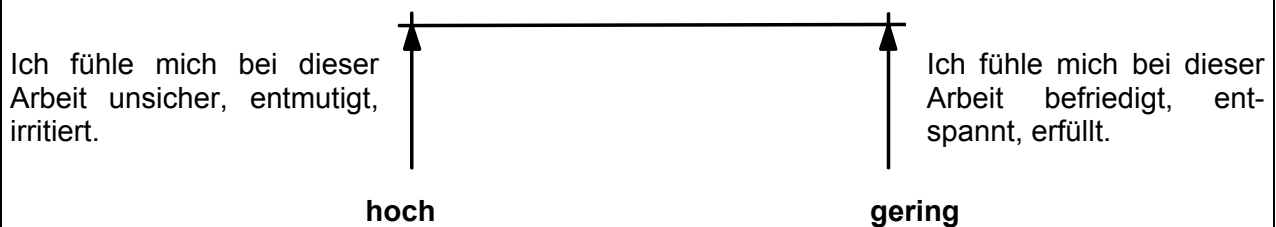
Wie zufrieden sind Sie mit dem Grad der Aufgabenerfüllung, den Sie erreicht haben ?

**5. Anstrengung:**

Wie sehr mußten Sie sich insgesamt anstrengen (geistig, körperlich), um diese Aufgabe zu bewältigen ?

**6. Unzufriedenheit:**

In welchem Maß fühlten Sie sich bei der Erfüllung dieser Aufgabe unzufrieden ?



**Anhang 5 Fragebogen zum Foto-Cueing**

<h2>Fragen zu den Situationen</h2>
------------------------------------

**Im folgenden zeige ich Ihnen nochmals die verschiedenen Situationen, die Sie durchfahren haben.**

*Bitte versetzen Sie sich nochmals in die jeweilige Situation und beantworten Sie die dazugehörigen Fragen.*

**“Unter normalen Umständen” bedeutet, wenn Sie selbst die Fahrplaninformation abrufen hätten können im Vergleich zu der hier im Versuch systemgesteuerten Präsentation.**

**Die Fahrsituation 1<sup>17</sup> war:**

↑ beanspruchend	↑ nicht beanspruchend
<b>Hätten Sie unter normalen Umständen die Zugverbindung herausgesucht?</b>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja	nein

---

<sup>17</sup> Selbe Fragen wurden für Situation 2-19 gestellt

**Anhang 6 Bilder zum Foto-Cueing**



**Situation 1**



**Situation 2**



**Situation 3**



**Situation 4**



**Situation 5**



**Situation 6**



**Situation 7**



**Situation 8**



**Situation 9**



**Situation 10, Einfahrt**



**Situation 10, Ausfahrt**



**Situation 11**



**Situation 12**



**Situation 13**



**Situation 14**



**Situation 15**



**Situation 16**



**Situation 17**



**Situation 18**

**Anhang 7    Verhaltensbeobachtungsbogen**

Situation	Reaktion	Priorität	Bremsen	Sichern	Spur-nutzung	Spurhaltung	Spurwechsel	NF	Längsabstand	Beinahe-unfall	Ausscheren Ausweichen	Besonderheiten
Annä-hern		FA,SA, FA&SA	- stark			- MSt - SSt			groß/ gering			
Rest-situati-on		FA,SA, FA&SA	mindst. 1x:- stark	v/ h / n		- MSt - SSt	+   - Anz: 0		var/ kon/ groß/ gering		hek- tisch	2 Pha- sen: ja nein
Über-holen	Ja nein	FA,SA, FA&SA		v/ h / n			+   -   0		groß/ gering		hek- tisch	
Über-holen-de		FA,SA, FA&SA				- MSt - SSt	+   -   0					
nach Über-holen		FA,SA, FA&SA	- stark			- MSt - SSt						

**Erläuterungen:**

Reaktion:                Ja: Überholt; Nein: nicht Überholt

Priorität:                FA: Fahraufgabe; SA: Sekundäraufgabe; FA&SA: Fahraufgabe und Sekundäraufgabe

Sichern:                v: vorne; h: hinten; n: nicht

Spurhaltung:            MSt: Mittelstreifen überfahren; SSt: Seitenstreifen überfahren

Spurwechsel:            +: ja    -: nein

NF:                        Navigationsfehler

Längsabstand:           groß; gering; var: variabel; kon: konstant

Besonderheiten:        2 Phasen: erst Fahren, nach dem Überholen des Hindernisse Sekundäraufgabe bearbeiten